

Faculdade de Medicina Dentária
Universidade de Lisboa



Eficácia clínica dos Localizadores Apicais Eletrónicos – revisão científica

Jorge N. R. Martins

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

2012

Faculdade de Medicina Dentária
Universidade de Lisboa



Eficácia clínica dos Localizadores Apicais Eletrónicos – revisão científica

Jorge N. R. Martins

Mestrado Integrado em Medicina Dentária

Dissertação orientada pelo Professor Doutor Duarte Marques

2012

Resumo

A constrição apical tem sido descrita por diversos autores como o limite apical mais apropriado para o comprimento de trabalho endodôntico. O seu diâmetro e localização no terço apical do canal radicular podem apresentar alguma variabilidade. O método radiográfico de determinação do comprimento de trabalho apresenta algumas limitações, uma vez que essa determinação é realizada tendo como base uma estimativa de onde é mais provável localizar-se a constrição apical. Os localizadores apicais eletrônicos têm sido apresentados como uma alternativa ao método radiográfico de odontometria. Estes aparelhos permitem identificar a transição do tecido pulpar para o periodontal, transição que se localiza muito perto da constrição apical. De modo a comparar o método radiográfico com o método eletrônico de determinação do comprimento de trabalho, foi realizada uma revisão científica. Foram pesquisadas sete bases de dados eletrônicas, primárias e secundárias, em busca de ensaios clínicos que confrontassem ambos os métodos, foi realizada uma busca manual nas bibliografias dos trabalhos recolhidos eletronicamente e foram contactados os autores dos respetivos trabalhos de modo a perceber se havia mais publicações que não tivessem sido detetadas na pesquisa eletrónica e manual. Das vinte e uma investigações finais, a maioria delas são estudos comparativos ou de avaliação, existindo muito poucos ensaios clínicos a comparar ambos os métodos, e os poucos que existem apresentam algumas limitações metodológicas que são debatidas no trabalho. Na globalidade, são avaliados um total de 19 fatores diferentes. Apesar da evidência científica ser escassa, é, no entanto, possível concluir que o localizador apical permite reduzir a radiação a que o paciente é exposto e que apesar do método eletrônico ser mais eficaz na determinação do comprimento de trabalho, este deve ser verificado com pelo menos uma radiografia de controlo de modo a detetar possíveis falhas do localizador apical.

Abstract

Several authors have purposed the apical constriction as the most appropriated apical limit for the endodontic working length. Different diameters and locations of the apical constriction on the apical third of the root canal have been presented. Some limitations are attributed to the radiographic method of working length determination. This method lacks of precision since it is based on the average position of the apical constriction. The electronic apex locators have been presented as an alternative to the odontometry performed by the radiographic method. The transition of the pulp tissue to the periodontal tissue is detected by these devices, which is anatomically very close to the apical constriction. A scientific review was performed to compare the radiographic method to the electronic one. Clinical trials that compared both methods were searched on seven electronic databases, a manual search was performed on the bibliography of papers collected on the electronic data bases, and the authors were contacted asking for references of more researches not detected on the electronic and manual search. Twenty one researches were collected. The majority of them are comparative or evaluation studies and very few clinical trials comparing both methods are available. Several methodological limitations are present, on the collected papers, and debated on this review. A total of nineteen different factors were researched. Although the available scientific evidence base is short, it is still possible to conclude that the apical locator reduces the patient radiation exposure and although the electronic method is more precise on the working length determination, at least one radiographic control should be performed to detect possible errors of the electronic devices.

Palavras-chave

Revisão, Odontometria, Radiografia, Eletrônica, Localizadores apicais

Key words

Review, Odontometry, Radiography, Electronics, Apex locators

Índice

Introdução.....	1
Objetivo.....	5
Métodos.....	5
Pesquisa de Meta-análises ou Revisões Sistemáticas prévias.....	5
Pesquisa em bases de dados eletrônicas.....	7
Pesquisa manual.....	12
Contacto com autores de estudos prévios.....	13
Resultados.....	14
Fatores analisados.....	17
Gênero.....	17
Idade.....	17
Tipo de dente.....	18
Diagnóstico pulpar.....	18
Retratamento endodôntico.....	19
Presença de patologia periapical.....	20
Humidade no canal radicular.....	20
Número de radiografias necessárias para concluir tratamento.....	20
Distâncias para o ápex radiográfico.....	21
Concordância dos valores dados pelo LAE quando comparados com os valores da radiografia.....	22
Ajuste após análise radiográfica.....	22
Ocorrência de leituras inconstantes.....	23
Distância para o foramen apical.....	23
Distância para a união cimento-dentinária.....	24
Distância para a constrição apical.....	24
Adaptação do cone principal.....	25
Comprimento da obturação final.....	25
Tipo de localizador.....	26
Discussão.....	27
Conclusões.....	30
Referências bibliográficas	
Anexo I, Anexo II, Anexo III	

Introdução

A presença de micro-organismos no interior do espaço do sistema canalar tem sido vastamente apresentada na literatura científica como o fator que mais influencia as taxas de sucesso do tratamento endodôntico (Kakehashi 1965, Lin 1992, Siqueira 2001). O seu controlo e eliminação têm sido apresentados como um objetivo primário na Endodontia (Sjögren 1997, Molander 2007). Os protocolos de instrumentação e desinfecção do sistema canalar visam a maximização da eliminação bacteriana assim como a remoção da polpa vital ou necrosada que possa servir de substrato a uma recontaminação bacteriana do espaço pulpar (Spangberg 2002, Haapasalo 2005). A complexidade do sistema canalar torna difícil a correta instrumentação e desinfecção da totalidade do comprimento do espaço intraradicular (Weiger 2002, Paqué 2010). O comprimento de trabalho é um fator passível de ser controlado pelo clínico, mas, de difícil determinação. Segundo Grove (Grove 1930) idealmente o comprimento de trabalho deveria terminar na união cimento-dentinária uma vez que essa é a área anatómica dos tecidos duros que melhor se aproxima da área dos tecidos moles correspondente à transição da polpa para o tecido periodontal. No entanto esta área anatómica pode ser extensa e variável mesmo em todo o seu perímetro (Ricucci 1998). Sendo assim a constrição apical tem sido apresentada como o ponto de referência anatómica onde deveria terminar a instrumentação e a obturação canalar (Ricucci & Langeland 1998). Esta zona permite realizar uma ferida cirúrgica mais restrita e diminuir o trauma no ligamento periodontal (Ricucci 1998). Na sua investigação sobre a anatomia apical, Yury Kuttler (Kuttler 1955) descreve uma zona de menor diâmetro ou constrição apical, que fica localizada junto da união cimento-dentinária, que apresenta um diâmetro que pode variar entre os 0,216 mm e os 0,331 mm para seres humanos numa faixa etária dos 18 aos 25 anos. Para a mesma faixa etária Kuttler concluiu que a distância média da constrição apical para o centro do foramen apical era de 0,524 mm. Dummer (Dummer 1984), no seu trabalho histológico sobre configurações anatómicas da zona apical, avaliou as distâncias desde o ápex anatómico até à constrição apical em 270 peças dentárias, cuja amostra envolvia incisivos, caninos e pré-molares, e chegou à conclusão que esta distância pode variar entre os 0,07 mm até aos 2,69 mm sendo que a média de todas as amostras era de 0,89 mm. Conseguiu, também, neste processo perceber que existem diferentes configurações anatómicas. Identificou quatro tipologias mais usuais: uma configuração tradicional (tipo A) em que a constrição apical ficava

ligeiramente recuada relativamente ao ápex anatómico, uma configuração cônica (tipo B) em que a zona de menor diâmetro coincidia praticamente com o ápex anatómico, uma configuração multi-constricção (tipo C) em que estavam presentes várias constricções apicais e uma configuração em constricção paralela (tipo D) em que a zona de menor diâmetro formava uma área e não um ponto. O autor conclui que devido ao facto de as distâncias variarem e a própria configuração também variar, uma combinação de métodos para a determinação da posição da constricção apical seria o mais adequado. Ingle (Ingle 2002) propõe também a constricção apical como o limite apical do comprimento de trabalho, e atesta que devido à não coincidência desta localização anatómica com o ápex radiográfico, o comprimento de trabalho deve ser calculado entre 0,5 mm a 1 mm mais curto relativamente o comprimento radiográfico uma vez que a instrumentação e obturação a coincidir com o ápex radiográfico pode significar uma sobre-instrumentação e sobre-obturação. Ricucci *et al* (Ricucci & Langeland 1998) avaliaram em estudos histológicos em humanos as características dos tecidos periapicais após o tratamento endodôntico em diferentes períodos de observação. Concluíram que, independentemente da polpa se encontrar vital ou necrosada, os resultados mais favoráveis eram quando a instrumentação e obturação se localizava no ponto de menor diâmetro apical ou ligeiramente mais curto. Sendo que os casos de sobre-obturação eram acompanhados por uma reação inflamatória podendo no entanto as lesões periapicais regredir e o caso permanecer assintomático. Sjogren (Sjogren 1990) avaliou os fatores que interferiam com o prognóstico do tratamento endodôntico, realizando um estudo retrospectivo de 8 a 10 anos onde concluiu que um fator que melhorava o sucesso dos tratamentos endodônticos em dentes com diagnóstico inicial de polpa necrosada com patologia apical era uma obturação realizada entre os 0 mm e os 2 mm mais curtos relativamente ao ápex radiográfico. Obturações mais curtas que isso ou sobre-obturações diminuíam de um modo estatisticamente significativo a taxa de sucesso. Outros autores chegaram a conclusões idênticas (Smith 1993, Orstavik 1993). Uma revisão sistemática com meta-análise realizada por Ng (Ng 2008), avalia os fatores passíveis de influenciarem as taxas de sucesso do tratamento endodôntico primário. Dos 63 trabalhos incluídos nesta revisão, 16 deles falavam da extensão apical da obturação canal, sendo que a conclusão final após análise estatística foi de que os casos com obturação entre os 0 mm e 2 mm apresentavam melhor prognóstico, seguidos pelos que apresentassem uma obturação curta e só depois sobreobturação. A diferença entre obturações até os 2 mm e curtas foi considerada não significativa, o mesmo já não

acontecendo quando comparadas obturações até os 2 mm com sobreobturações onde aí seria possível detetar uma diferença significativa desfavorecendo as sobreobturações. Resultados idênticos foram detetados em outra meta-análise subordinada exclusivamente ao tema da extensão e limite apical da obturação canalar (Schaeffer 2005). A mesma autora realizou uma segunda revisão sistemática com meta-análise desta vez envolvendo apenas retratamentos endodônticos (Ng 2008), e os resultados foram também similares aos dos tratamentos primários.

Tendo em conta a impossibilidade de se saber de exato modo a localização da constrição apical e uma vez que o intervalo radiográfico de 0 mm a 2 mm é extenso, a mera estimativa de onde é mais provável se encontrar essa zona anatómica pode falhar, parece válida a sugestão de Dummer em existir uma combinação de meios de diagnóstico para a deteção dessa zona de menor diâmetro. Os localizadores apicais eletrónicos têm sido apresentados como um meio de diagnóstico válido para esse efeito. A capacidade superior destes aparelhos reside no facto de conseguirem detetar a transição de tecido pulpar para tecido periodontal, zona essa que fica localizada muito perto da constrição apical, com essa informação o clínico pode optar por recuar para uma distância de segurança que considere ser aproximada à constrição apical.

Os primeiros conceitos sobre o método eletrónico de determinação do comprimento apical de trabalho foram investigados por Custer em 1918 (Custer 1918), na altura o investigador lançou a ideia de que a condutibilidade elétrica poderia servir para determinar o comprimento de trabalho. Bastantes anos mais tarde Suzuki (Suzuki 1942) constatou, realizando um estudo animal com cães, em que a resistência elétrica de um instrumento ao tocar o ligamento periodontal era igual ao de um instrumento a tocar a mucosa oral, aproximadamente os 6,5 k Ω . O trabalho decisivo foi anos mais tarde publicado por Sunada (Sunada 1962) que chegou a uma conclusão que não só a resistência elétrica era também constante em humanos como não variava independentemente da idade, forma ou tipo de dente.

A primeira geração de localizadores surgiu com o Root Canal Meter (Onuki Medical, Japão) em 1969, um aparelho desenvolvido pelo próprio Sunada, e que se baseava na comparação de resistência elétrica entre a mucosa oral e o ligamento periodontal. Os resultados não eram muito precisos e a frequência de leituras muito longas ou curtas eram relativamente elevadas (Tidmarsh 1985). Outros aparelhos deste género tentaram, sem sucesso, melhorar o seu desempenho, como foram os casos do Endodontic Meter (Onuki Medical, Japão), Dentometer (Dahlin Electromedicine,

Dinamarca) ou o Endo Radar (Elettronica Liarre, Itália). Alguma melhoria surgiu quando os aparelhos deixaram de medir a resistência elétrica e passaram a medir a impedância elétrica (Gordon 2004), criando assim a segunda geração de aparelhos. Os modos de análise da impedância variavam, o Sono Explored e o Sono Explorer MK III (Hayashi Dental Supply, Japão) utilizavam uma mudança de frequência, ao passo que o Endocater (Yamaura, Japão) utilizava uma alta frequência. O objetivo seria mais uma vez comparar os valores entre o ligamento periodontal e a mucosa oral. Os grandes problemas das duas primeiras gerações de aparelhos eram o facto de terem que ser configurados antes de cada utilização e de não poderem ser usados com líquidos condutores dentro dos canais radiculares. Alguns aparelhos como o Apex Finder (Analytic Endo, Estados Unidos da América), Digipex I, II e III (Mada Equipment, Estados Unidos da América) ou o Exact-A-Pex (Ellmann International, Estados Unidos da América) tentaram minimizar estes problemas, mas mantiveram sempre o problema de uma fiabilidade inconstante (Inoue 1985, Kaufman 1989, Kim 2004). A grande revolução surgiu com a terceira geração de localizadores apicais aquando da introdução da multifrequência para determinação do comprimento de trabalho. Yamashita introduziu o Endex (Osada Electric, Japão), também comercializado com o nome de Apit, media a diferença de impedância elétrica entre duas frequências. Juntamente com um processador mais evoluído permitia leituras mais corretas (Frank 1993, Pratten 1996, Kim 2004). Mais tarde Kobayashi introduziu o método do rácio no desempenho do Root ZX (J.Morita, Estados Unidos da América), este aparelho mede as impedâncias de duas frequências simultaneamente, 400 Hz e 8 kHz, e calcula o quociente das impedâncias. Supostamente este quociente não é afetado pelos líquidos presentes nos canais e o aparelho realiza uma autocalibragem no início da medição (Kobayashi 1994). Outras variações multifrequência surgiram no mercado, o caso do Apex Finder AFA (Analytic Endo, Estados Unidos da América) que utiliza cinco frequências ou o Bingo 1020 (Forum Engineering Technologies, Israel) que utiliza duas frequências, mas uma de cada vez. O Bingo 1020 clamou ser a quarta geração de localizadores apicais (Gordon 2004) mas sem que isso se pudesse traduzir numa melhor fiabilidade quando comparada com a fiabilidade dos aparelhos de terceira geração que esses, sim, catapultaram a técnica para uma precisão muito elevada (Shabahang 1996, Jenkins 2001, Welk 2003) transformando o seu uso numa rotina clínica.

A técnica eletrónica parece ser então uma opção válida de diagnóstico para rivalizar a técnica radiográfica. A medição do comprimento de trabalho realizada

radiograficamente apresenta diversas limitações, para além de expor o paciente a radiação (Katz 1991), consome tempo, é de difícil interpretação, pois trata-se de uma imagem bidimensional que muitas vezes está sobreposta com estruturas anatómicas (Tamse 1980) e que está sujeita à interpretação do observador (Cox 1991). Diversas técnicas foram apresentadas de modo a minimizar essas limitações (Williams 1951, Larheim 1979). Por sua vez a técnica eletrónica não tem também uma fiabilidade inquestionável, pode apresentar interferências com restaurações metálicas, apresentar comprimentos errados e leituras instáveis (Chevalier 2009, El Ayouti 2009) e é mais dispendiosa.

Objetivo

O objetivo desta revisão científica é dar resposta a uma questão que pode ser colocada segundo os critérios PICO (P: população alvo, I: tipo de intervenção, C: comparação, O: resultado (outcome)). Sendo que a pergunta pode ser colocada do seguinte modo: “Em pacientes adultos com dentição definitiva a serem submetidos a tratamento endodôntico (P), poderá a localização por localizadores apicais eletrónicos (I), quando comparada com localização radiográfica (C), apresentar a mesma eficácia na identificação do comprimento de trabalho? (O)”

Métodos

Pesquisa de Meta-análises ou Revisões Sistemáticas prévias

A estratégia de busca contemplou uma busca inicial de Meta-análises ou Revisões Sistemáticas que já tivessem sido realizadas e estivessem relacionadas com o tema de localizadores apicais eletrónicos.

A primeira abordagem passou pela pesquisa em bases de dados secundárias (Cochrane Collaboration, Evidence Based Dentistry (EBD), The Journal of Evidence-Based Dental Practice (JEBDP) e NHS Evidence), se os resultados fossem insuficientes procurar-se-ia em bases de dados primárias (Pubmed, Lilacs e Science Direct) (Tabela 1). Para esta busca foi utilizado um termo mais abrangente (“Endodontics”) e realizando sempre que possível o filtro para “Revisões sistemáticas” e “Meta-análises”. No caso da base de dados Lilacs, e tendo em conta a vasta referência a países da América latina,

para além pesquisa com o referido termo, foi realizada uma segunda utilizando o mesmo termo traduzido para português (“Endodontia”) e espanhol (“Endodoncia”) (Tabela 2). A pesquisa foi realizada entre os dias 1 a 7 de julho de 2012 e aceitou todos os trabalhos prévios a essa data, não tendo sido possível identificar nenhuma Meta-análise ou Revisão Sistemática publicada subordinada ao tema de localizadores apicais eletrônicos (Esquema 1).

Tabela 1 – Bases de dados e respetivos websites

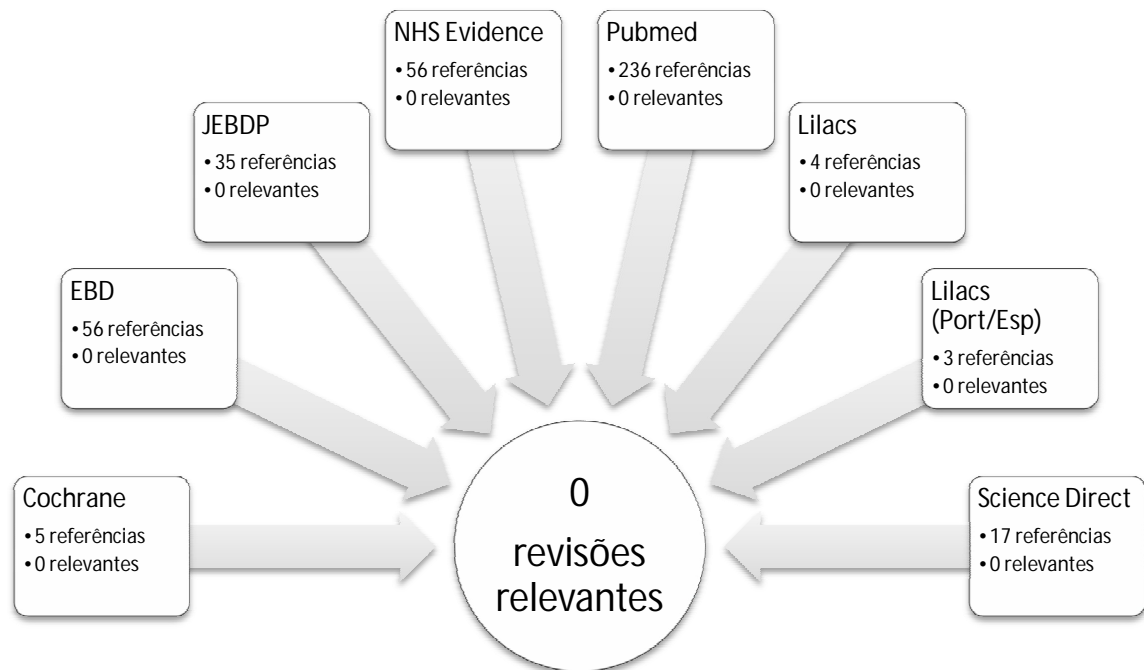
Base de dados	Website
Cochrane Collaboration	http://www.cochrane.org
EBD	http://www.nature.com/ebd/index.html
JEBDP	http://journals.elsevierhealth.com/periodicals/yimed
NHS Evidence	https://www.evidence.nhs.uk/
Pubmed	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/
Lilacs	http://www.bireme.br/php/index.php
Science Direct	http://www.sciencedirect.com/

Tabela 2 – Termos e filtros em cada base de dados

Base de dados	Tipo	Termo utilizado	Filtros
Cochrane Collaboration	Secundária	“Endodontics”	S/F
EBD	Secundária	“Endodontics”	Journals: - Evidence-Based Dentistry Article Type: - Research
JEBDP	Secundária	“Endodontics”	Search Within: - Journal of Evidence-Based Dental Practice
NHS Evidence	Secundária	“Endodontics”	Types of informations: - Systematic Reviews
Pubmed	Primária	“Endodontics”	Article types: - Meta-analysis - Systematic reviews
Lilacs	Primária	“Endodontics”	Type of study: - Systematic reviews
Lilacs (Port/Esp)	Primária	“Endodontia OR Endodoncia”	Type of study: - Systematic reviews
Science Direct	Primária	"Endodontics" AND LIMIT-TO(topics, "systematic review")	Topic: - Systematic review

S/F – Sem Filtros

Esquema 1 – Resultados da busca inicial de Meta-Análises e Revisões Sistemáticas



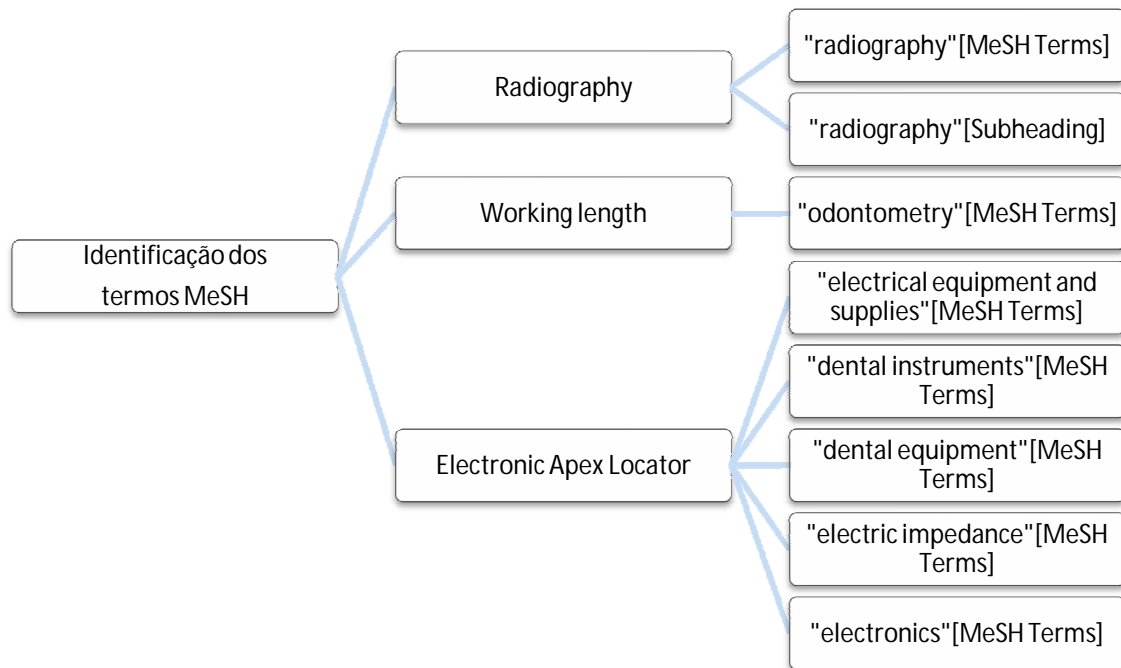
Pesquisa em bases de dados eletrônicas

Uma busca foi realizada de modo a tentar identificar todos os estudos clínicos que comparassem os resultados na determinação do comprimento de trabalho utilizando localizadores apicais eletrônicos ou radiografias.

A primeira parte da busca dos estudos clínicos incidiu na pesquisa em bases de dados eletrônicas. O objetivo foi pesquisar o combinado de três termos, “Radiography”, “Working length” e “Electronic Apex Locator”. Para isso utilizou-se a base PubMed para identificar os termos MeSH (Medical Subject Headings) correspondentes a cada termo. Se os dois primeiros têm termos MeSH claros, o mesmo já não acontece com o terceiro. Para conseguir identificar o termo disponível que mais se enquadrava foi colocado o termo “Electronic Apex Locator” no motor de busca da PubMed, sendo possível obter 139 referências, todos os abstracts dessas referências foram consultados e pesquisados os termos MeSH utilizados em cada um desses trabalhos que pudessem ser identificadores do termo pesquisado. No final foi possível concluir que os trabalhos, que disponibilizavam termos MeSH, faziam referência entre 1 a 4 de 5 termos identificadores de “Electronic Apex Locator” (Esquema 2). Como nem todos os artigos disponibilizavam termos MeSH, impossibilitando a sua pesquisa desse modo, assim

como nem todas as bases de dados permitiam a pesquisa desse modo, para além dos limites e filtros das diferentes bases de dados também serem diferentes de base para base foi necessário personalizar a busca em cada uma.

Esquema 2 – Identificação dos termos MeSH



Pubmed

A pesquisa na PubMed foi realizada utilizando a combinação dos termos MeSH, tendo em conta que nem todos os trabalhos disponibilizam os referidos termos, foram também utilizadas palavras-chave aplicadas aos campos todos ([All Fields]), entre os termos e as palavras-chave foram utilizados conectores booleanos (AND, OR ou NOT) de modo a estabelecer de um modo mais sensível o tipo de trabalho procurado. Foram aplicados filtros de modo a excluir trabalhos que não fossem relevantes para a pesquisa (Tabela 3).

Lilacs

A pesquisa na Lilacs foi realizada recorrendo também a termos MeSH, que neste caso tiveram que ser traduzidos para a sua versão em português visto que esta base de dados apresenta os termos MeSH em português. Mais uma vez recorreu-se a palavras-

chave e conectores de modo a maximizar a pesquisa. Devido ao número restrito de trabalhos referenciados não foram realizados nem limites nem filtros.

Tendo em conta a vasta referência a literatura proveniente da América latina foi realizada uma segunda pesquisa nesta base, designada por Lilacs (Port/Esp), recorrendo apenas a palavras-chave em português e espanhol (Tabela 3).

Science Direct

Nesta base de dados primária não foi possível realizar a busca utilizando os termos MeSH. Sendo assim, foi apenas possível realizar a pesquisa recorrendo a palavras-chave e conectores. Neste caso foi também excluído a referência a termos relacionados com o comprimento de trabalho pois a pesquisa resultava num número de trabalhos muito escasso. Sendo assim, e de modo a criar uma pesquisa mais abrangente, procurou-se apenas a combinação de termos referentes a radiografia e localizadores apicais. Foram também aqui aplicados alguns limites na busca, sendo que estes limites são disponibilizados apenas após a colocação das palavras-chave, ficando a sua escolha limitada pela disponibilidade fornecida na altura pela própria base de dados (Tabela 3).

Cochrane Collaboration

A pesquisa na base de dados secundária da Cochrane Collaboration utilizou apenas o termo “Endodontics” devido à necessidade de usar um termo muito abrangente devido ao número limitado de artigos relacionados com a área da Endodontia presentes nesta base de dados (Tabela 3).

Evidence Based Dentistry (EBD)

Também nesta base secundária houve a necessidade de utilizar um termo de busca mais abrangente. Foram também aqui utilizados limites e filtros na pesquisa (Tabela 3).

The Journal of Evidence-Based Dental Practice (JEBDP)

Na pesquisa na base JEBDP não está disponível a pesquisa por termos MeSH, sendo assim, foram utilizados apenas palavras-chave aplicados a todos os campos. Tal como na pesquisa na Science Direct foram utilizados termos referentes a radiografia e localizadores apicais de modo a não tornar a busca muito restrita. À exceção dos limites nas datas, não foram aplicados filtros (Tabela 3).

NHS Evidence

Na busca no site da NHS Evidence foi possível realizar uma busca recorrendo aos termos MeSH, mas o resultado não apresentava qualquer referência, sendo assim houve necessidade de recorrer novamente ao termo “Endodontics” de modo a tornar a pesquisa mais abrangente (Tabela 3).

Tabela 3 – Combinação de termos utilizados e filtros utilizados em cada uma das bases de dados eletrônica

Base de dados	Combinação de termos utilizada	Filtros e Limites	Ref.
PubMed	("radiography"[MeSH Terms] OR "radiography"[Subheading] OR "radiography"[All Fields] OR "radiographic"[All Fields]) AND ("odontometry"[MeSH Terms]) AND ("electrical equipment and supplies"[MeSH Terms] OR "dental instruments"[MeSH Terms] OR "dental equipment"[MeSH Terms] OR "electric impedance"[MeSH Terms] OR "electronics"[MeSH Terms] OR "electronic apex locator"[All Fields])	Publication date: - From 1990/01/01 to 2012/07/01 Species: - Human Article types: - clinical trial - controlled clinical trial - comparative study - randomized controlled trial - evaluation studies Languages: - English - Spanish - Portuguese	53
Lilacs	("Radiografía Dentária"[MeSH Terms] OR "radiografia" OR "radiography" OR "radiographic") AND ("Odontometria"[MeSH Terms]) AND ("Equipamentos e Provisões Elétricas"[MeSH Terms] OR "Instrumentos Odontológicos"[MeSH Terms] OR "Impedância Elétrica"[MeSH Terms] OR "Eletrônica Médica"[MeSH Terms])	S/F	5

	OR "electronic apex locator" OR "localizador apical")		
Lilacs (Port/Esp)	("Radiografía" OR "Radiografia") AND ("longitud de trabajo" OR "conductometría" OR "odontometria") AND ("localizador apical")	S/F	6
Science Direct	"Electronic apex locator" AND ("Radiography" OR "Radiographic")	Content type: - Journal Topics: - root canal - apex locator - root - electronic apex - endodontic treatment - working length - apical constriction - apical foramen - root perforation - canal length - digital radiography - scientific session	152
Cochrane Collaboration	"Endodontics"	S/F	4
EBD	"Endodontics"	Journals: - Evidence-Based Dentistry Articles Type: - Research Publication date: - After 1 January 1990	56
JEBDP	"Electronic apex locator" AND ("Radiography" OR "Radiographic") (All Fields)	Publication date: - From: Jan 1990 to Jul 2012	142
NHS Evidence	"Endodontics"	S/F	135

S/F – Sem Filtros

Após a colocação das combinações de termos e após aplicados os respectivos filtros foram obtidas as referências aos resumos dos trabalhos. A seleção de cada um dos trabalhos obedeceu a uma avaliação em três fases.

Na primeira fase, o título e o resumo do trabalho foram acedidos e classificados em relevantes ou não relevantes. Todos os trabalhos cujos títulos ou resumos fizessem referência a uma comparação entre localizadores apicais eletrônicos e radiografias foram considerados possivelmente interessantes e aplicaram-se os critérios de inclusão (Tabela 4) às informações disponíveis no título e resumo. Os trabalhos que se

encontravam de acordo com os critérios de inclusão foram considerados “relevantes” e passaram à fase seguinte. Os trabalhos em que houvesse dúvidas e os resumos não fornecessem todas as informações necessárias para uma correta avaliação foram considerados “possivelmente relevantes” e passaram à fase seguinte de modo a não se perder nenhum trabalho relevante. Os trabalhos que violassem algum dos critérios de inclusão foram considerados “não relevantes” e foram excluídos.

Na segunda fase, os textos integrais dos trabalhos “relevantes” e “possivelmente relevantes” foram recolhidos e analisados. Esta recolha foi realizada na Biblioteca on-line da Faculdade de Medicina Dentária da Universidade de Lisboa, em bases de dados de revistas científicas subscritas ou em último caso via o autor correspondente do artigo em falta. Os critérios de inclusão foram novamente aplicados, desta vez após leitura do texto integral, de modo a confirmar se os trabalhos apresentavam todas as características necessárias à resposta da questão do trabalho de revisão. Os trabalhos foram no final desta fase considerados “relevantes” ou “não relevantes” dependendo se estavam de acordo ou não com os critérios de inclusão.

Na terceira fase, todos os trabalhos considerados “relevantes” na fase anterior foram submetidos a uma avaliação crítica do seu mérito científico segundo os questionários do Critical Appraisal Skills Programme (CASP) do Public Health Resource Unit (2006). Esta avaliação crítica foi realizada por dois avaliadores sem que estes tivessem acesso à avaliação um do outro. No final as avaliações que diferiram entre os dois avaliadores foram debatidas até se chegar a uma avaliação consensual. Foram selecionados, para a análise final nesta revisão, apenas os trabalhos cuja avaliação CASP fosse igual ou superior a 50%.

Pesquisa manual

De modo a minimizar possíveis falhas da pesquisa em bases de dados eletrónicas ou a existência de artigos em revistas não indexadas nessas mesmas bases, foi realizada também uma pesquisa manual. Esta pesquisa consistiu em verificar todas as referências bibliográficas dos trabalhos considerados “relevantes” e “possivelmente relevantes” no final da primeira fase de seleção dos artigos da pesquisa em bases de dados eletrónicas, uma vez que os textos integrais destes trabalhos foram recolhidos para a segunda fase de avaliação. As referências bibliográficas potencialmente interessantes foram colocadas no motor de busca de uma das bases de dados eletrónicas já descritas (Tabela 1) e

acedido ao respetivo resumo. A partir daqui a seleção dos trabalhos da pesquisa manual foi realizada seguindo as três fases de avaliação já descritas anteriormente para a pesquisa eletrónica.

Tabela 4 – Limites e critérios de inclusão

Código	Lim/Cri	Descrição
A	Critério	Estudo clínico realiza uma comparação entre RX e LAE
B	Limite	Limitado a humanos
C	Critério	Avaliada apenas a dentição definitiva
D	Critério	É dado o número da amostra
E	Critério	Utilização de LAE da 3ª geração ou superior (diz marca e modelo)
F	Limite	Ensaio realizado após 1990 até data da presente pesquisa
G	Critério	Randomized controlled trial, clinical trial, estudo comparativo ou de avaliação
H	Limite	Publicação realizada em Inglês, espanhol ou português
CASP	Critério	Avaliação igual ou superior a 50% nos questionários do CASP
<i>In vivo</i>	Critério	Estudos <i>in vivo</i> (a aplicar se houvesse número de artigos <i>in vivo</i> suficientes)

Contacto com autores de estudos prévios

Tanto a pesquisa em bases de dados eletrónicas assim como a manual têm uma componente de investigação baseada em publicações disponíveis para consulta eletrónica. De modo a tentar perceber a existência de trabalhos publicados que não estivessem disponíveis nas bases de dados eletrónicas os autores dos trabalhos “relevantes” e “possivelmente relevantes” da pesquisa em bases de dados eletrónicas e pesquisa manual foram contactados. Os contactos recolhidos foram os contactos de correio eletrónico do autor correspondente, no caso de o trabalho não o disponibilizar foi pesquisado na Pubmed o contacto de primeiro autor que pudesse estar presente em outros trabalhos publicados pelo mesmo, no caso de mesmo assim não ser possível identificar o contacto do primeiro autor foi procurado o contacto de correio eletrónico de um dos coautores em outras publicações dos mesmos. No contacto com os autores, a questão que lhes foi colocada foi se para além do trabalho publicado teriam publicado outros trabalhos do género ou se teriam algum trabalho realizado que não tivesse sido publicado e que pudessem disponibilizar para consulta.

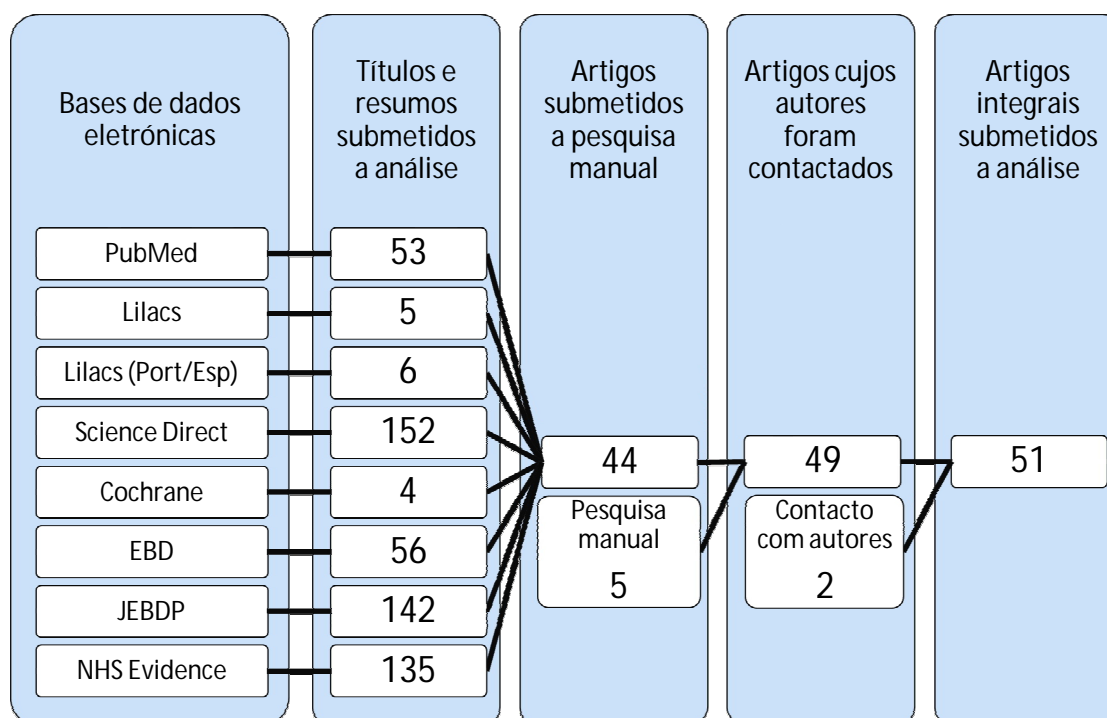
Os trabalhos referenciados deste modo pelos autores foram submetidos às três fases de avaliação já previamente descritas.

Os trabalhos utilizados para esta revisão foram aqueles que após detetados via pesquisa em bases de dados eletrónicas, pesquisa manual e fornecidos após contacto com autores de estudos prévios conseguissem superar as três fases de avaliação. Esta pesquisa foi realizada de 8 a 31 de julho de 2012.

Resultados

Após a pesquisa em bases de dados eletrónicas, foram submetidos a análise 553 títulos e resumos, desses foi possível identificar 44 resumos de trabalhos “relevantes” ou “possivelmente relevantes”. A busca manual sobre estes trabalhos conseguiu identificar mais 5 artigos. Após contacto com os autores destas investigações, contacto ao qual responderam 51% dos autores contactados, foi possível adicionar mais 2 trabalhos (Anexo I) totalizando assim 51 trabalhos a serem avaliados integralmente (Esquema 3).

Esquema 3 – Identificação dos trabalhos a serem submetidos a análise.



Os 51 trabalhos a serem avaliados foram analisados na íntegra e submetidos aos critérios de inclusão de modo a uniformizar o tipo de trabalho utilizado na revisão e também de modo a verificar se estes respondiam à pergunta desta investigação. Tendo

em conta o extenso número de trabalhos foi possível aplicar também o fator de inclusão “*in vivo*”, os trabalhos “*in vitro*” foram analisados e utilizados apenas para avaliar a concordância dos seus resultados com os dos trabalhos “*in vivo*”. Após consulta dos textos dos trabalhos foram eliminados 9 artigos nesta fase por não respeitarem a totalidade dos critérios de inclusão. As restantes 42 investigações foram divididas em três grupos: Randomized Controlled Trials (RCT) (6 artigos), Testes de Diagnóstico *in vivo* (18 artigos) e Testes de Diagnóstico *in vitro* (18 artigos), sendo que apenas os RCT e os Testes de Diagnóstico *in vivo* foram consideradas para esta revisão. Estes 24 trabalhos foram submetidos às questões do Critical Appraisal Skills Programme (CASP) para Randomized Controlled Trials ou Diagnostic test Study, dependendo do tipo de trabalho, sendo que nesta fase foram eliminados mais 3 trabalhos (Tabela 5 e 6). Os motivos de exclusão dos trabalhos podem ser consultados na Tabela 7. No final foram escolhidos 21 trabalhos (Esquema 4) relevantes para esta revisão cujas características podem ser consultadas no Anexo II e Anexo III.

Ao realizar a análise crítica dos artigos foi possível verificar a diversidade de objectivos e de metodologias empregues o que *per si* complica a comparação entre eles. Na análise crítica dos artigos foi possível verificar que as principais falhas foram: número reduzido de ensaios clínicos; parte significativa dos trabalhos não apresenta uma questão devidamente formulada; apenas um estudo realizou o cálculo prévio de poder estatístico; utilização de diversos tipos de localizadores apicais que apresentam modos diferentes de medir a impedância; ausência do cálculo de sensibilidade e especificidade de cada localizador; a maioria de trabalhos apresentam amostras de tamanho reduzido.

Tabela 5 – Avaliação crítica do seu mérito científico das RCT segundo o CASP

Artigo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fouad 2000	S	S	N	S	S	S	N	S	S	S	80%
Smadi 2006	S	S	S	N	S	S	N	S	S	S	80%
Hassanien 2008	S	S	N	N	S	S	N	S	S	N	60%
Pascon 2009	S	S	N	S	S	S	N	S	S	S	80%
Ravanshad 2010	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	100%
Parekh 2011	N	S	-	-	-	-	-	-	-	-	Eliminado

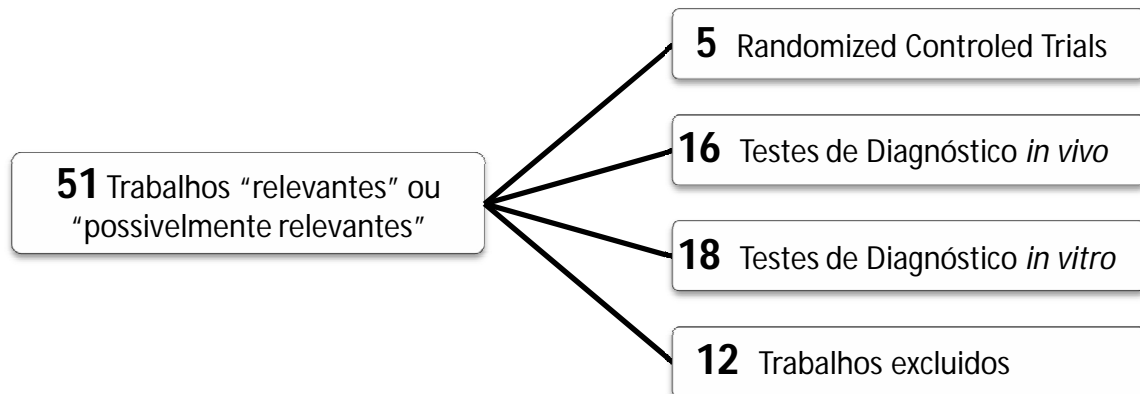
Tabela 6 – Avaliação crítica do mérito científico dos Testes de Diagnóstico *in vivo* segundo o CASP

Artigo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Frank 1993	S	S	S	N	N	N	N	N	N	S	S	CT	42%
Goldberg 1995	S	S	S	N	N	S	N	S	S	S	S	CT	67%
Saad 2000	S	S	S	N	CT	S	N	N	S	S	S	S	67%
Pommer 2002	S	S	N	N	S	S	N	N	S	S	S	CT	58%
Beilke 2005	S	S	N	N	N	S	N	N	S	S	S	CT	50%
Dotto 2005	S	S	S	N	N	S	N	N	S	S	S	CT	58%
Hilu 2006	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	CT	75%
Renner 2007	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	CT	75%
Giusti 2007	N	S	S	N	S	S	N	N	S	S	S	CT	58%
Akisue 2007	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	CT	75%
Kim 2008	S	S	S	S	N	S	N	S	S	S	S	CT	75%
Hilu 2008	S	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	CT	75%
Chevalier 2009	S	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	CT	83%
ElAyouti 2009	S	S	S	N	S	S	N	S	S	S	S	CT	75%
Vieyra 2010	S	S	S	S	N	S	N	N	S	S	S	CT	67%
Sharma 2010	S	S	N	N	N	S	N	N	CT	S	S	CT	42%
Vieyra 2011	S	S	S	S	N	S	N	S	S	S	S	CT	75%
Renner 2012	S	S	S	N	N	N	N	S	S	S	S	CT	58%

Tabela 7 – Lista de Trabalhos excluídos da revisão

Trabalho	Ausência do fator de Inclusão	Justificação
Fouad 1990	F	Utilização de LAEs abaixo da 3ª geração (Exact-a-pex, Endocater, Neosono-D, Apex Finder, Sono-Explorer III)
Hembrough 1993	F	Utilização de LAEs abaixo da 3ª geração (Sono-Explorer III)
Frank 1993	CASP	42% no CASP Diagnostis test Study
Himel 1993	F	Utilização de LAEs abaixo da 3ª geração (Endo-analyser, Foramatron IV)
Mayeda 1993	A	O controlo radiográfico é realizado nos procedimentos mas não é realizado nenhum tipo de comparação com o LAE
Arora 1995	<i>In vivo</i>	Um Rx é feito nos procedimentos, mas a comparação é feita com um segundo Rx já realizado após extração.
Grimberg 2002	A	O controlo radiográfico é realizado nos procedimentos mas não é realizado nenhum tipo de comparação com o LAE
Hoer 2004	<i>In vivo</i>	Radiografia de controlo é realizada já com a peça dentária extraída
Williams 2006	A	O controlo radiográfico é realizado nos procedimentos mas não é realizado nenhum tipo de comparação com o LAE
Sharma 2010	CASP	42% no CASP Diagnostis test Study
Parekh 2011	CASP	Eliminado por não ter resposta “Sim” nas duas primeiras perguntas do CASP Randomized Controlled Trials
Silveira 2011	A, <i>In vivo</i>	O controlo radiográfico era só realizado quando a lima não era visível em apical e só após extração.

Esquema 4 – Distribuição dos trabalhos selecionados após pesquisa eletrónica, manual, contacto com os autores e aplicação dos critérios de inclusão.



Diversos foram os fatores analisados ao longo das diversas investigações que serviram de parâmetros de avaliação para a comparação entre os dois métodos de determinação do comprimento de trabalho. Para uma melhor compreensão da influência de cada um dos fatores, os resultados foram extraídos e os diversos fatores são apresentados separadamente.

Fatores analisados

Género

Apenas um estudo (El Ayouti 2009) faz referência a este fator, não tendo sido verificada nenhuma diferença significativa entre géneros na determinação do comprimento de trabalho por localizador apical eletrónico quando comparado com determinação por radiografia. Num total de 507 pacientes, 261 eram do sexo feminino e 246 do sexo masculino.

Idade

Um trabalho (El Ayouti 2009) considerou a idade nos fatores avaliados, não tendo identificado nenhuma diferença estatisticamente significativa entre grupos deste fator. Neste trabalho foram incluídos 507 pacientes com idades compreendidas entre os 19 anos e os 62 anos com uma média de idades de 43,2 anos.

Tipo de dente

Três investigações (Pommer 2002, Smadi 2006, El Ayouti 2009) avaliaram o impacto deste fator na determinação do comprimento de trabalho. Pommer utilizou 49 incisivos, 29 pré-molares e 29 molares, num total de 171 canais, não tendo identificado diferenças entre grupos. El Ayouti incluiu no seu trabalho 135 dentes anteriores, 149 pré-molares e 223 molares, não tendo identificado diferenças significativas entre grupos. Ambos os trabalhos tiveram como método a determinação do comprimento de trabalho por localizador apical e no final confirmação radiográfica da posição da extremidade apical da lima relativamente ao ápex radiográfico. Smadi, num total de 151 canais distribuídos por pré-molares e molares, também não identificou diferenças entre estes dois grupos, nem quando comparou os dentes mandibulares com os maxilares. A metodologia deste trabalho envolveu a comparação da determinação do comprimento utilizando num grupo o localizador apical versus outro grupo de localizador apical auxiliado por radiografia, tendo servido de avaliação final a radiografia final de obturação. No global, nenhum trabalho identificou diferenças significativas quer no tipo de dentes quer na localização por arcada.

Diagnóstico pulpar

Este foi o fator mais investigado no grupo final de trabalhos selecionados. No total de vinte e um trabalhos analisados este fator foi abordado em treze deles (Goldberg 1995, Pommer 2002, Beilke 2005, Dotto 2005, Smadi 2006, Hilu 2006, Renner 2007, Giusti 2007, Akisue 2007, Hilu 2008, El Ayouti 2009, Ravanshad 2010, Renner 2012). Nove trabalhos concluíram que não existia diferença estatisticamente significativa entre as medições em polpa vital ou necrosada. Existe alguma variação no modo de avaliação deste fator, alguns trabalhos têm como objetivo verificar a posição mais apical da lima relativamente ao ápex radiográfico, considerando um intervalo radiograficamente aceitável que varia entre 0,0mm-2,0mm (El Ayouti 2009) ou 0,5mm-1,5mm (Goldberg 1995, Hilu 2006, Renner 2007, Giusti 2007), ou avaliam a posição final de obturação após medição com localizador apical ou radiografia, separadamente (Ravanshad 2010), ou através de uma combinação localizador apical eletrónico auxiliado por radiografia (Smadi 2006) ou mesmo verificando a concordância de valores medidos na lima do localizador comparativamente ao comprimento medido na radiografia (Akisue 2007,

Renner 2012). Dois estudos, com conclusões contraditórias, em que um favorece as medições realizadas em polpa vital (Beilke 2005) e outro as medições em polpa necrosada (Dotto 2005), não apresentam cálculos de significância estatística, não se percebendo por isso o real impacto dos resultados, garantindo ambas que os localizadores são excelentes meios auxiliares de diagnóstico do comprimento de trabalho. Dois trabalhos (Pommer 2002, Hilu 2008) identificaram uma diferença significativa entre os dois grupos, favorecendo a polpa vital. Para Pommer, considerando a posição apical da lima após determinação do comprimento de trabalho com o localizador Apex Finder AFA num intervalo radiográfico de 0-5mm a 1,5mm a partir do ápex, verificou que em polpa vital 94% dos casos ficaram nesse intervalo, considerado aceitável, ao passo que com polpa necrosada isso apenas acontecia em 77% das vezes, sendo essa uma diferença significativa. Hilú, utilizando um Neosono Ultima EZ e para o mesmo intervalo radiográfico, obteve 86,4% de medições aceitáveis para polpa viva e apenas 62,5% para polpa necrosada, uma diferença também significativa. Um trabalho (El Ayouti 2009) deixa a ideia de que o diagnóstico de pulpíte irreversível pode aumentar a frequência de leituras inconstantes do localizador apical, sem no entanto ter conseguido encontrar uma diferença estatística para os outros diagnósticos pulpare.

Retratamento endodôntico

Quatro estudos (Pommer 2002, Hilu 2006, Hilu 2008, El Ayouti 2009) consideram este fator. Dois deles (Hilu 2006, El Ayouti 2009) consideram que não existe diferença significativa quando comparado com a determinação de comprimento de trabalho realizado em tratamentos endodônticos primários. Um trabalho (Hilú 2008) chega à conclusão que em situações de polpa viva a eficácia dos localizadores apicais eletrônicos de darem valores dentro de um intervalo radiográfico de segurança é estatisticamente superior quando comparado com situações de retratamento endodôntico. Pommer também avaliou este fator, obtendo resultados similares ao trabalho de Hilú de 2008, mas não conseguiu incluir um número de casos suficientes que pudessem ser sujeitos a uma análise estatística. Outro estudo, por Chevalier, identificou o retratamento endodôntico como um fator que aumenta significativamente a ocorrência de leituras inconstantes do localizador apical eletrônico.

Presença de patologia periapical

Um único trabalho (Ravanshad 2010) avalia este fator. Para este grupo de investigação, este fator não influenciou a determinação do comprimento de trabalho quando determinado por localizador apical comparativamente à determinação por radiografia. Não são apresentados dados ou tabelas relativamente a este fator, a informação é apenas fornecida durante a discussão do trabalho. Um outro trabalho (Giusti 2007), que embora não defina como objectivo avaliar a influência da patologia apical, verificou nos resultados obtidos que as medições mais curtas, relativamente ao ápex radiográfico, eram as que apresentavam lesão periapical bem definida, deixando no ar a ideia de que esta situação poderá estar associada a reabsorções radiculares do terço apical.

Humidade no canal radicular

Uma investigação (Pommer 2002) faz referência à humidade relativa presente no canal radicular. O aparelho Apex Finder AFA tem um indicador de humidade quando realiza a medição do comprimento de trabalho, utilizando a informação desse medidor, verificou que não existe interferência de diferentes níveis de humidade na capacidade do aparelho de determinar diferentes comprimentos de trabalhos em diferentes condições de vitalidade pulpar, tendo como referência a radiografia de odontometria.

Número de radiografias necessárias para concluir tratamento

Quatro trabalhos (Fouad 2000, Saad 2000, Smadi 2006, Ravanshad 2010) avaliam o número de radiografias necessárias para concluir o tratamento endodôntico utilizando o localizador apical eletrónico ou apenas as radiografias para controlo. Saad propôs uma técnica que visava diminuir a radiação a que era necessário expor os pacientes. Para isso utilizava apenas uma radiografia digital, que segundo o autor diminui em 80% a radiação quando comparada com a radiografia convencional de película, para verificar o posicionamento do cone principal, já após instrumentação completa dos canais radiculares, desde que os dados do localizador apical eletrónico fossem constantes e reproduzíveis. Nos catorze casos incluídos neste estudo, todas as determinações realizadas pelo localizador coincidem com as das medições do cone

principal, assim como com as radiografias finais. Fouad verificou no seu trabalho que na globalidade dos 36 dentes incluídos não existia diferença significativa entre o número de radiografias utilizando ou não localizador. Quando dividiu o número de peças dentárias pelos grupos Anteriores/Pré-molares ou Molares concluiu que no grupo de dentes Anteriores/Pré-molares era necessário um número substancialmente inferior de radiografias quando utilizando o localizador apical, sendo essa diferença significativa. No grupo Molares continuava a não existir diferença. Observou também que existia uma diferença significativa entre grupos, com o grupo Anteriores/Prémolares a necessitar de uma média de 3,18 radiografias no somatório de todos os tratamentos, com e sem localizador, e o grupo Molares a necessitar de 3,91 radiografias. Ravanshad, num total de 84 tratamentos endodônticos realizados recorrendo ao localizador apical auxiliado por confirmação radiográfica do cone principal e radiografia final ou recorrendo apenas a radiografias de determinação de comprimento de trabalho, verificação do cone principal e radiografia final, concluiu que o grupo do localizador necessitava de uma média de 3 radiografias ao passo que o grupo de radiografias necessitava de 4,07, esta diferença foi considerada estatisticamente significativa. Smadi comparou a determinação do comprimento de trabalho calculado por localizador apical ou localizador auxiliado por radiografia, o primeiro grupo necessitou 2 radiografias (inicial e final) e o segundo grupo utilizou em média 3,2 radiografias com resultados radiográficos finais de obturação final similar entre os dois grupos, concluindo o autor que em pacientes medicamente comprometidos, que não possam ser expostos a radiação, os procedimentos sem radiografia de odontometria podem ser uma opção.

Distâncias para o ápex radiográfico

Onze trabalhos (Goldberg 1995, Pommer 2002, Beilke 2005, Dotto 2005, Hilu 2006, Renner 2007, Giusti 2007, Hilu 2008, Chevalier 2009, El Ayouti 2009, Pascon 2009) utilizam este fator para avaliar o desempenho do localizador apical em estudo. A maior parte dos trabalhos estabelecem um intervalo radiográfico aceitável entre os 0,5mm e 1,5mm a partir do ápex radiográfico, considerando bem sucedida a determinação do comprimento endodôntico se a extremidade da lima ficar localizada nesse intervalo radiográfico. Pommer, Renner e Giusti obtiveram eficácias de 86,5%, 90% e 90%, respetivamente, com o localizador apical na marca do 1mm. Hilu, em 2006, obteve 82% de eficácia com o localizador na marca dos 0,5mm, o mesmo autor, em

2008, com o localizador na marca de 0,0mm obteve resultados favoráveis em 82,8% das medições, sendo que todos os estudos utilizaram modelos diferentes de localizadores apicais. Beilke, estabelecendo como referência apical o momento em que a lima atingia a marca sonora intermitente, obteve resultados de 87,5%. Goldberg documentou uma eficácia de 90%, remetendo para as instruções do operador o método de posicionamento apical da lima. Estabelecendo como aceitável um intervalo radiográfico entre os 0,0mm e 2,0mm, El Ayouti e Chevalier com o localizador na marca dos 0,5mm obtiveram eficácias de 97% e 92,3%, respectivamente. Pascon, na marca do 1mm, obteve determinações aceitáveis em 91,82% dos casos. Dotto estabeleceu o intervalo radiográfico aceitável de 0,5mm a 2,0mm e nesse intervalo com o localizador na marca de 1mm obteve 81,5% de leituras corretas. Na globalidade, a eficácia dos localizadores apicais eletrônicos oscila entre os 81,5% e os 97% para intervalos radiográficos de segurança previamente determinados.

Concordância dos valores dados pelo LAE quando comparados com os valores da radiografia

Dois trabalhos (Akisue 2007, Renner 2012) verificaram a concordância das medições realizadas na lima utilizada na determinação do comprimento de trabalho com a medição realizada pela radiografia. Akisue, com o localizador apical na marca entre 0,5 e 1mm, obteve leituras eficazes para 96,6% dos casos num intervalo de concordância de 0,5mm entre a leitura do localizador e medição por radiografia. Renner, com o localizador na marca de 1mm, obteve 73,6% de leituras aceitáveis para um intervalo de concordância de 0,5mm entre a medição eletrônica e radiográfica.

Ajuste após análise radiográfica

Diversos trabalhos fazem referência à necessidade de retificar o comprimento de trabalho determinado eletronicamente após a confirmação radiográfica. Mas apenas um trabalho (Kim 2008) fez uma análise dessa fase do tratamento. Em 25 canais instrumentados, após a confirmação radiográfica, foi necessário retificar 18 comprimentos, ou seja 72% dos casos, sendo que em 14 deles foi necessário subtrair 0,5mm e em 4 casos foi necessário acrescentar 0,5mm aos comprimentos de trabalho determinados pelo localizador. Apenas em 7 casos, 28%, o comprimento de trabalho

não foi retificado. Quando comparados os resultados finais, após exodontia das peças dentárias, constatou-se que os comprimentos que o localizador apical obteve foram 84% de medições a uma distância $\pm 0,5\text{mm}$ da constrição apical, quando retificados os comprimentos com auxílio a radiografia, existiu uma melhoria da eficácia para 96% de medições a uma distância $\pm 0,5\text{mm}$ da zona de menor diâmetro, sendo que esta diferença não foi considerada estatisticamente significativa.

Ocorrência de leituras inconstantes

Um dos problemas associados aos localizadores apicais são as leituras inconstantes e interferências que podem surgir durante o processo de determinação do comprimento de trabalho o que faz com que a determinação fique restrita à medição radiográfica. Dois trabalhos (Chevalier 2009, El Ayouti 2009) avaliam este fator. Chevalier utilizou dois modelos diferentes de localizadores apicais, o ApexPointer e o Novapex, com uma frequência de leituras inconstantes de 13,4% e 17,2%, respectivamente. Este autor identificou uma correlação significativa entre as leituras inconstantes e retratamentos endodônticos. No trabalho de El Ayouti, utilizando o Root ZX e o Raypex 5, foram identificadas 15% de leituras inconstantes, sendo a grande maioria delas associadas a obstruções caninares. Este autor deixa também a ideia de que o diagnóstico pulpar de pulpite irreversível poder ser um fator a ter em conta.

Distância para o foramen apical

Um único trabalho (Hassanien 2008) avalia a distância para o foramen apical, comparando essa distância quando determinado o comprimento de trabalho eletronicamente ou apenas por radiografia. No seu estudo determinou o comprimento de trabalho eletrônico levando a lima até à marca de “apex” no visor do localizador apical e recuando seguidamente para a marca de constrição apical. No aparelho em causa a marca definida de origem são os 0,5mm, permitindo o aparelho a reconfiguração. Para a determinação radiográfica, determinou o comprimento até ao ápex radiográfico e subtraiu 0,5mm. Após as determinações dos comprimentos de trabalho as peças foram extraídas e os ápex desgastados até ser possível a verificação estereoscópica das estruturas. Na determinação eletrónica a lima ficou em média a 0,21 mm do foramen

apical enquanto na determinação radiográfica ficou a 0,56mm da mesma estrutura anatômica. Esta diferença foi considerada estatisticamente significativa.

Distância para a união cimento-dentinária

Apenas uma investigação (Hassanien 2008) avaliou este fator. Hassanien, com o protocolo descrito no tópico anterior, constatou que através da determinação do comprimento de trabalho por via eletrônica, a extremidade apical da lima ficava localizada em média a 0,09mm da união cimento-dentinária, enquanto que na determinação radiográfica a distância era de 0,26mm, sendo essa diferença considerada significativa.

Distância para a constrição apical

Quatro estudos (Hassanien 2008, Kim 2008, Vieyra 2010, Vieyra 2011) tiveram este fator em conta nas suas investigações. No trabalho de Hassanien, utilizando o protocolo descrito nos dois tópicos anteriores, concluiu que, em média, a distância da ponta da lima para a constrição apical era de 0,99mm, excedendo a constrição apical quando determinada por localizador, ao passo que quando determinada por radiografia a ponta da lima excedia a constrição apical em 0,64mm, sendo esta diferença significativa a favorecer a determinação radiográfica. No trabalho de Kim foi avaliada a distância para a constrição apical num intervalo de $\pm 0,5$ mm, nesse intervalo o localizador apical foi bem sucedido em 84% dos casos, enquanto que o localizador apical auxiliado por radiografia obteve bons resultados em 96%, sendo esta diferença não significativa. Vieyra, em 2010, determinou a distância para a constrição apical utilizando dois localizadores apicais (Root ZX e Elements Diagnostic Unit) e a radiografia, nos localizadores apicais utilizou a marca de “constrição apical” que surge no visor como referência, para a medição radiográfica estabeleceu o comprimento a 1mm do ápex radiográfico. Após as medições as 160 peças dentárias foram extraídas e analisadas. Nos dentes anteriores o Root ZX identificou corretamente a zona de menor diâmetro em 74% dos casos, o Elements em 65% e a radiografia em 22% das situações; em pré-molares o Root ZX identificou corretamente a constrição apical em 53% dos canais, o Elements em 41% e a radiografia em 35% dos casos; no grupo dos molares o Root ZX foi eficiente em 58% dos casos, o Elements em 49% e a radiografia apenas em 11% das

situações. As diferenças não foram significativas entre aparelhos mas foram significativas entre a determinação por qualquer um dos aparelhos e a determinação radiográfica. Vieyra, em 2011, num estudo com características semelhantes ao de 2010 comparou a determinação eletrónica com quatro localizadores apicais e a determinação radiográfica, tendo obtido para os localizadores apicais Root ZX, Elements, Precision AL, Raypex 5 e radiografia os seguintes resultados na determinação da zona de menor diâmetro: dentes anteriores 89,1%, 83,6%, 85,4%, 81,8% para os localizadores e 32,72% para a radiografia; pré-molares 75%, 61,6%, 64,3%, 61,6% para os localizadores e 32,1% para a radiografia; molares 69%, 50,5%, 65,4%, 43,9% para os localizadores e 14,6% para a radiografia. Mais uma vez as diferenças não foram significativas entre aparelhos, mas foram significativas entre a determinação por qualquer um dos aparelhos e a determinação radiográfica.

Adaptação do cone principal

Dois trabalhos (Saad 2000, Ravanshad 2010) fazem referência a esta fase do tratamento endodôntico. No trabalho de Ravanshad foi realizado um controlo do cone principal em 188 canais, quando a determinação foi realizada apenas por localizador apical ou apenas por radiografia, sendo que os resultados eram considerados aceitáveis desde que se localizassem dentro do intervalo radiográfico de segurança de 0,0mm a 2,0mm. O localizador foi bem sucedido em 90,4% dos casos e a radiografia em 82,1%. Esta diferença foi considerada não significativa. A única diferença significativa foi identificada nas conometrias em sobre-extensão, em que o localizador proporcionou 1% de medições longas enquanto a determinação por radiografia proporcionou 10,7%. Saad propôs uma técnica de tratamento endodôntico com uma única tomada de radiografia, precisamente a adaptação radiográfica do cone principal, nos 14 casos documentados refere que em todos eles a radiografia de controlo coincidia com a determinação eletrónica.

Comprimento da obturação final

Quatro estudos (Fouad 2000, Saad 2000, Smadi 2006, Ravanshad 2010) analisam o comprimento final de obturação. Dois trabalhos (Fouad 2000, Ravanshad 2010) avaliam a adaptação final da obturação quando a determinação é apenas realizada

por localizador apical ou apenas por radiografia, nas duas investigações a obturação é considerada aceitável se a extremidade da obturação ficar localizada no intervalo radiográfico de 0,0mm a 2,0mm. Para Fouad a obturação no grupo do localizador foi considerada aceitável em 93,3% e a do grupo da radiografia em 75% dos casos, diferença considerada significativa. Para Ravanshad o localizador obteve 90,4% de resultados aceitáveis e o grupo da radiografia a obturação foi bem sucedida em 85,7%, diferença essa não significativa. Fouad descreveu que em média, no grupo do localizador apical, as obturações ficaram a 1,25mm do ápex radiográfico, enquanto no grupo da determinação do comprimento de trabalho por radiografia a média foi de 1,64mm para o ápex radiográfico, diferença considerada significativa. Na investigação de Smadi, a distância média desde a extremidade apical da obturação final até ao ápex radiográfico, no grupo de determinação do comprimento de trabalho apenas com localizador, foi de 0,5mm, enquanto a distância média no grupo de localizador auxiliado por radiografia foi de 0,4mm, uma diferença considerada não significativa. No trabalho de Saad, em que o autor propôs um protocolo com uma única tomada de radiografia, o autor relata que nos 14 casos todas as obturações finais coincidem com o comprimento diagnosticado pelo localizador apical, embora seja de considerar que o tamanho reduzido desta amostra possa influenciar o resultado final.

Tipo de localizador

Dos vinte e um trabalhos incluídos nesta revisão, cinco utilizam mais que um localizador nas suas investigações (Pascon 2009, Chevalier 2009, El Ayouti 2009, Vieyra 2010, Vieyra 2011). Nos dois trabalhos de Vieyra são utilizados, em 2010, os aparelhos Root ZX e Elements e, em 2011, os Root ZX, Elements, Precision AL e Raypex 5, em ambos os trabalhos o Root ZX obteve sempre melhores resultados na determinação da constrição apical, no entanto o autor concluiu que a diferença não era significativa entre qualquer um dos aparelhos, diferenças significativas existiam apenas quando qualquer um dos aparelhos era comparado com os resultados do grupo das radiografias. No seu trabalho, El Ayouti não identificou diferenças significativas entre o Root ZX e o Raypex 5 na determinação do comprimento de trabalho quando este era considerado aceitável num intervalo radiográfico de 0,0mm a 2,0mm. No entanto, o Raypex 5 apresentou um aumento significativo de leituras inconstantes quando comparado com o Root ZX, obrigando a recorrer mais vezes à determinação do

comprimento de trabalho pela radiografia. Chevalier, utilizando o Apexpointer e o Novapex, apesar do Apexpointer ter apresentado melhores resultados totais, não obteve, no entanto, diferença significativa entre ambos na determinação do comprimento de trabalho para um intervalo radiográfico de 0,0mm a 2,0mm. Pascon utilizou na sua investigação os aparelhos DentaPort ZX e Raypex 5, não tendo, também, identificado qualquer diferença significativa nas medições de ambos.

Discussão

O objetivo desta revisão é comparar a eficácia da determinação do comprimento de trabalho, em condições clínicas, efectuada pelos localizadores apicais eletrónicos ou pela radiografia, tida como o método mais usual na prática clínica diária (Nekoofar 2006). Qualquer uma das técnicas apresenta desvantagens (Katz 1991). A crítica mais comum apresentada ao método radiográfico tem sido o facto de poder existir distorção entre a imagem e a realidade por se tratar de uma imagem bidimensional de uma estrutura tridimensional, a que acresce o facto de muitas vezes existir a sobreposição de estruturas anatómicas (Tamse 1980, Katz 1991). Outro fator negativo no método radiográfico é o facto de esta determinação se basear numa estimativa da localização da constrição apical, descrita como a área anatómica onde deveria terminar a instrumentação e obturação canalar (Ingle 2002). Estimativa baseada em literatura que documenta alguma variação do próprio posicionamento dessa mesma zona de menor diâmetro (Kuttler 1955, Dummer 1984, Hassanien 2008). O localizador apical eletrónico também não consegue identificar em 100% dos casos a posição dessa localização (Kim 2008, Ravanshad 2010, Vieyra 2011). Os estudos clínicos que se procurou incluir nesta revisão foram trabalhos que tiveram em conta as duas metodologias de determinação do comprimento de trabalho realizados em humanos e sempre em condições o mais aproximadas possível com a prática clínica diária. Incluíram-se apenas aparelhos da 3ª geração ou superior devido ao seu melhor desempenho, já documentado (Fouad 1990, Gordon 2004, Kim 2004, El Ayouti 2009), comparativamente com os aparelhos de 1ª e 2ª geração. Procuraram-se trabalhos em diversas bases de dados eletrónicas representativas de diversas regiões do globo e linguagens diferentes e, manualmente, nas bibliografias dos artigos considerados “relevantes” ou “possivelmente relevantes” e contactaram-se os autores, dos quais foi possível obter 51% de respostas, de modo a detetar possíveis trabalhos que não

estivessem presentes nas bases de dados ou bibliografias. No final foram incluídos 21 trabalhos, cinco “randomized controled trials” e dezasseis “testes de diagnóstico *in vivo*”. A origem destes vinte e um trabalhos está dispersa pelas diversas regiões do globo, com trabalhos oriundos de América do norte, América latina, Europa, África e Ásia e em três línguas diferentes. As metodologias aplicadas nos trabalhos diferem entre si tornando difícil a comparação dos mesmos. Existem poucos ensaios clínicos que comparem ambas as técnicas. A maioria das investigações são estudos comparativos ou de avaliação, sendo que nestes casos não existe uma comparação direta entre as duas técnicas mas sim uma confirmação radiográfica do método eletrónico de determinação do comprimento de trabalho. São utilizados diversos tipos de localizadores apicais, que apesar de não ter sido detetada diferença estatística entre eles, acabam por apresentar resultados diferentes, próprios das diferentes características eletrónicas aplicadas em cada aparelho. Um fator que torna alguns trabalhos pouco precisos é o facto de avaliarem a eficácia dos localizadores através da sua capacidade de colocar a extremidade da lima de condutometria num intervalo radiográfico pré-definido, intervalo esse que pode variar de artigo para artigo, e que não é mais que uma estimativa de onde é mais provável estar localizada a constrição apical, sendo que apenas três trabalhos executam cortes histológicas comparando com precisão o método eletrónico com o radiográfico. Uma característica que também não é uniforme resulta do facto da determinação eletrónica ser obtida tendo como referência de limite apical do comprimento de trabalho diferentes marcas visíveis no ecrã digital do aparelho, foram utilizadas as marcas de “apex”, 0,5 mm, 1 mm ou mesmo a referência do sinal sonoro, podendo desse modo ser suscetível de introduzir alguma variabilidade nos resultados finais obtido. Outro fator que torna estas investigações menos pragmáticas com a realidade clínica é o facto de excluïrem logo à partida fatores como reabsorções radiculares, apex não completamente formados ou restaurações coronárias metálicas, que são situações possíveis de serem encontradas clinicamente e que podem alterar a eficácia clínica dos localizadores apicais favorecendo a determinação do comprimento de trabalho pelo método radiográfico, apesar de dois trabalhos fazerem referência a esse ponto documentando cerca de 15% de leituras inconstantes. Outras falhas metodológicas são de referir: ausência do cálculo da sensibilidade e especificidade de cada localizador; a maioria dos estudos utilizarem amostras de tamanho reduzido; apenas um estudo (Ravanshad 2010) apresenta cálculo prévio do poder estatístico. Fatores como o género, idade, tipo de dente ou humidade parecem não ter influência nas

determinações do comprimento de trabalho. Relativamente ao diagnóstico pulpar, a maioria dos trabalhos referem não existir interferência (Goldberg 1995, Hilu 2006, Smadi 2006, Renner 2007, Giusti 2007, Akisue 2007, El Ayouti 2009, Ravanshad 2010, Renner 2012), apesar de já terem sido documentados trabalhos que vão em direção oposta (Pommer 2002, Hilu 2008), o mesmo acontecendo com o retratamento endodôntico (Pommer 2002, Hilu 2006, Hilu 2008, El Ayouti 2009). O número de radiografias e exposição radiológica a que é necessário submeter os pacientes fica significativamente reduzida quando utilizado o método eletrónico (Fouad 2000, Saad 2000, Smadi 2006, Ravanshad 2010), resultado esse corroborado por um teste de diagnóstico *in vitro* (Brunton 2002). A maioria dos trabalhos avaliam a eficácia do localizador apical através da sua capacidade de posicionar a extremidade de lima, cone principal ou obturação final numa janela de segurança que oscila entre os 0,0mm a 2,0mm ou 0,5mm a 1,5mm, dependendo da investigação em causa. Este é obviamente um intervalo radiográfico de segurança que se enquadra com a variabilidade da posição da zona de menor diâmetro já previamente documentada (Kuttler 1955, Dummer 1984) assim como é a zona de trabalho onde as taxas de sucesso mais elevadas são documentadas. Sjögren (Sjögren 1990) concluiu na sua investigação que, em dentes com patologia periapical, a taxa de sucesso se a obturação ficasse localizada no intervalo de segurança de 0,0mm a 2,0mm era de 94%; se as obturações fossem curtas ou longas relativamente a esse intervalo as taxas de sucesso baixavam para 68% e 76%, respetivamente, sendo que estes dois últimos resultados apresentam diferenças estatisticamente significativas para o primeiro intervalo radiográfico. Duas meta-análises confirmam estes resultados (Schaeffer 2005, Ng 2008). É nesse intervalo radiográfico que os localizadores apresentam uma eficácia que oscila entre os 81,5% (Dotto 2005) e os 97% (El Ayouti 2009). De modo a eliminar a variabilidade da avaliação via intervalo radiográfico alguns autores analisam histologicamente a eficácia da determinação eletrónica e radiográfica do comprimento de trabalho (Hassanien 2008, Vieyra 2010, Vieyra 2011). Nestes trabalhos é possível ter uma ideia mais real do que acontece. As eficácias documentadas do localizador apical na determinação da constrição apical oscilam entre os 43,9% e os 89,1% dependendo do tipo de dente e tipo de aparelho, mesmo assim são significativamente superiores quando comparadas com as eficácias da determinação radiográfica que oscilam entre os 14,6% e 32,72%. Aparentemente existem diferenças significativas nas determinações entre localizadores apicais e determinações radiográficas mas não entre os diversos aparelhos utilizados. Os

testes de diagnóstico *in vitro* confirmam a existência de diferenças significativas entre o método radiográfico e o método eletrônico na determinação do comprimento de trabalho (Krajczár 2008, Cianconi 2010, Mancini 2011, Real 2011). No entanto, a ideia de que não existe diferença entre localizadores já não é corroborada pelos testes de diagnóstico *in vitro*, uma vez que diversos trabalhos identificam diferenças significativas entre aparelhos (Carvalho 2010, Cianconi 2010, Mancini 2011, Real 2011). Este tipo de divergência entre estudos *in vitro* e *in vivo* levam-nos a questionar a validade da metodologia empregue nos estudos *in vitro*. Duas investigações (Fouad 2000, Ravanshad 2010) obtêm maior eficácia e menor número de radiografias necessárias se se realizar uma combinação de métodos, usando o localizador apical auxiliado por radiografia. Ideia corroborada por testes de diagnóstico *in vitro* (Brunton 2002, ElAyouti 2002).

Conclusões

Tendo como base os resultados obtidos nesta revisão, é possível concluir que a evidência científica que compara ambos os métodos é baseada principalmente em estudos comparativos ou de avaliação, existindo muito poucos ensaios clínicos ou estudos de diagnóstico de qualidade elevada. As investigações existentes nesta área apresentam características diferentes com metodologias diferentes, com algumas limitações que dificultam a comparação dos trabalhos entre si e em último caso dos próprios métodos radiográfico com o eletrônico. No entanto, com a evidência científica disponível é possível concluir que a determinação do comprimento de trabalho realizada por localizador apical eletrônico, quando comparado com a determinação radiográfica, é capaz de diminuir significativamente o número de radiografias de controlo necessárias, assim como realizar uma localização mais precisa da constrição apical. A maioria dos trabalhos refere não encontrar diferenças no funcionamento do aparelho quando comparados os diagnósticos de polpa vital ou necrosada. No entanto, a eficácia do localizador apical, apesar de elevada, não é infalível. Assim sendo a evidência científica disponível recomenda o cálculo da determinação de trabalho com localizador apical auxiliado por um controlo radiográfico de odontometria ou de prova do cone principal de modo a minimizar possíveis erros da medição eletrónica.

Referências bibliográficas

- 1- Akisue E, Gavini G, Figueiredo J. Influence of pulp vitality on length determination by using the elements diagnostic unit and apex locator. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007;104:e129-e132
- 2- Arora R, Gulabivala K. An in vivo evaluation of the Endex and RCM Mark II electronic apex locators in root canals with different contents. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995;79:497-503
- 3- Beilke L, Barletta F, Vier-Pelisser F. Avaliação in vivo da confiabilidade do localizador eletrônico Bingo na determinação do comprimento da trabalho, em situações de polpa vital e necrosada. Rev Odonto Cienc. 2005;20:142-147
- 4- Brunton P, Abdeen D, Macfarlane T. The effect of na apex locator on exposure to radiation during endodontic therapy. J Endod. 2002;28:524-526
- 5- Carvalho A, Moura-Netto C, Moura A, Marques M, Davidowicz H. Accuracy of three electronic apex locators in the presence of different irrigating solutions. Braz Oral Res. 2010;24:394-398
- 6- Chevalier V, Arbab-Chirani R, Nicolas M, Morin V. Occurrence of no-function of two electronic apex locators: an in vivo study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009;108:e61-e65
- 7- Cianconi L, Angotti V, Felici R, Conte G, Mancini M. Accuracy of three electronic apex locators compared with digital radiography: na ex vivo study. J Endod. 2010;36:2003-2007
- 8- Cox VS, Brown CE Jr., Bricker SL, Newton CW. Radiographic interpretation of endodontic file length. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1991;72:340-344
- 9- Custer C. Exact methods for locating the apical foramen. Journal of the National Dental Association 1918;5:815-9

- 10- Dotto R, Renner D, Barletta F, Dotto S, Wagner M. Avaliação da determinação do comprimento de trabalho através do localizador apical eletrônico Novapex. Rev Odontol Univ Cid São Paulo 2005;17:263-269
- 11- Dummer P, McGinn J, Rees D. The position and topography of the apical canal constriction and apical foramen. Int Endod J. 1984;17:192-198
- 12- El Ayouti A, Dima E, Ohmer J, Sperl K, Ohle C, Löst C. Consistency of apex locator function: a clinical study. J Endod 2009;35:179-181
- 13- El Ayouti A, Weiger R, Löst C. The ability of Root ZX apex locator to reduce the frequency of overestimated radiographic working length. J Endod. 2002;28:116-119
- 14- Fouad A, Krell K, McKendry D, Koobusch G, Olson R. A clinical evaluation of five electronic root canal length measuring instruments. J Endod. 1990;16:446-449
- 15- Fouad A, Reid L. Effect of using electronic apex locators on selected endodontic treatment parameters. J Endod. 2000;26:364-367
- 16- Frank AL, Torabinejad M (1993) An in vivo evaluation of Endex electronic apex locator. J Endod. 1993;19:177-179
- 17- Giusti E, Fernandes K, Marques J. Medidas eletrônica e radiográfica digital na odontometria: análise in vivo. RGO. 2007;55:239-246
- 18- Goldberg F. Evaluación clínica del Root ZX en la determinación de la conductometría. Rev Asoc Odontol Argent 1995;83:180-182
- 19- Gordon M, Chandler N. Electronic apex locators. Int Endod J. 2004;37:425-437
- 20- Grimberg F, Banegas G, Chiacchio L, Zmener O. In vivo determination of root canal length: a preliminary report using the Tri Auto ZX apex-locating handpiece. Int Endod J. 2002;35:590-593

- 21- Grove C. Why canals should be filled to the dentinocemental junction. J Am Dent Assoc. 1930;17:293-296
- 22- Haapasalo M, Endal U, Zandi H, Coil J. Eradication of endodontic infection by instrumentation and irrigation solutions. Endod Topics 2005;10:77-102
- 23- Hassanien E, Hashem A, Chalfin H. Histomorphometric study of the root apex of mandibular premolar teeth: an attempt to correlate working length measured with electronic and radiographic methods to various anatomic positions in the apical portion of the canal. J Endod 2008;34:408-412
- 24- Hembrough J, Weine F, Pisana J, Eskoz N. Accuracy of an electronic apex locator: a clinical evaluation in maxillary molars. J Endod. 1993;19:242-246
- 25- Hilú R, Aldrey C, Atfchu A, Kaplan A. Localizador apical electrónico Root ZX. Un estudio in vivo. Rev Asoc Odontol Argent 2006;94:109-113
- 26- Hilú R, Huanambal M, Pérez A. Estudio en in vivo de la determinación de la longitud de trabajo con la utilización del localizador apical electrónico Neosono. Rev Asoc Odontol Argent 2008;96:247-251
- 27- Himel V, Cain C. An evaluation of two electronic apex locators in a dental student clinic. Quintessence Int. 1993;24:803-806
- 28- Hoer D, Attin T. The accuracy of electronic working length determination. Int Endod J. 2004;37:125-131
- 29- Ingle JJ. Endodontic cavity preparation. In: Ingle JJ, Bakland L. Endodontics. 5th ed. Hamilton: BC Decker Inc, 2002:405-570
- 30- Inoue N, Skinner DH. A simple and accurate way to measuring root canal length. J Endod. 1985;11:421-427

- 31- Jenkins JA, Walker WAr, Schindler WG, Flores CM. An in vitro evaluation of the accuracy of the Root ZX in the presence of various irrigants. J Endod. 2001;27:209-211
- 32- Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The effects of surgical exposures of dental pulps in germ-free and conventional laboratory rats. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1965;20:340-9
- 33- Katz A, Tamse A, Kaufman A. Tooth lenght determination: a review. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1991;72:238-242
- 34- Kaufman AY, Szajkis S, Niv N. The efficiency and reliability of the Dentometer for detecting root canal length. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1989;67:573-577
- 35- Kim E, Lee S. Electronic apex locator. Dent Clin N Am 2004;48:35-54
- 36- Kim E, Marmo M, Lee C, Oh N, Kim I. An in vivo comparison of working lenght determination by only root-ZX apex locator versus combining root-ZX apex locator with radiographs using a new impression technique. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;105:e79-e83
- 37- Kobayashi C, Suda H. New electronic canal measuring device based on the ratio method. J Endod. 1994;20:111-114
- 38- Krajczár K, Marada G, Gyulai G, Tóth V. Comparison of radiographic and electronical working lenght determination on palatal and mesio-buccal root canals of extracted upper molars. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2008;106:e90-e93
- 39- Kuttler Y. Microscopic investigation of root apexes. J Am Dent Assoc. 1955;50:544-552
- 40- Mancini M, Felici R, Conte G, Constantini M, Cianconi L. Accuracy of three electronic apex locators in anterior and posterior teeth: na ex vivo study. J Endod. 2011;37:684-687

- 41- Larheim TA, Eggen S. Determination of tooth length with a standardized paralleling technique and calibrated radiographic measuring film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1979; 48:374-378
- 42- Lin LM, Skribner JE, Gaengler P. Factors associated with endodontic treatment failures. *J Endod.* 1992;18:625-627
- 43- Mayeda D, Simon J, Aimar D, Finley K. In vivo measurement accuracy in vital and necrotic canals with the Endex apex locator. *J Endod.* 1993;19:545-548
- 44- Molander A, Warfvinge J, Reit C, Kvist T. Clinical and radiographic evaluation of one and two visit endodontic treatment of asymptomatic necrotic teeth with apical periodontitis: a randomized clinical trial. *J Endod.* 2007;33:1145-1148
- 45- Nekoofar MH, Ghandi MM, Hayes SJ, Dummer PMH. The fundamental operating principles of electronic root canal length measurement devices. *Int Endod J.* 2006;39:595-609
- 46- Ng Y-L, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J.* 2008;41:6-31
- 47- Ng Y-L, Mann V, Gulabivala K. Outcome of secondary root canal treatment: a systematic review of the literature. *Int Endod J.* 2008;41:1026-1046
- 48- Orstavik D, Horsted-Bindslev P. A comparison of endodontic treatment results at two dental schools. *Int Endod J.* 1993;26:348-354
- 49- Paqué F, Balmer M, Attin T, Peters O. Preparation of oval-shaped root canals in mandibular molars using nickel-titanium rotary instruments: a micro-computed tomography study. *J Endod.* 2010;36:703-707

- 50- Parekh V, Taluja C. Comparative Study of Periapical Radiographic Techniques with Apex Locator for Endodontic Working Length Estimation: An ex vivo Study. J Contemp Dent Pract 2011;12:131-134
- 51- Pascon E, Marelli M, Congi O, Ciancio R, Miceli F, Versiani MA. An in vivo comparison of working length determination of two frequency-based electronic apex locators. Int Endod J. 2009;42:1026-1031
- 52- Pommer O, Stamm O, Attin T. Influence of the canal contents on the electrical assisted determination of the length of root canals. J Endod. 2002;28:83-85
- 53- Pratten DH, McDonald NJ. Comparison of radiographic and electronic working lengths. J Endod. 1996;22:173-176
- 54- Ravanshad S, Adl A, Anvar J. Effect of working length measurement by electronic apex locator or radiography on the adequacy of final working length: a randomized clinical trials. J Endod. 2010;36:1753-1756
- 55- Real D, Davidowicz H, Moura-Neto C, Zenkner C, Pagliarin C, Barletta F, Maoura A. Accuracy of working length determination using 3 electronic apex locators and direct digital radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011;111:e44-e49
- 56- Renner D, Barletta F, Dotto R, Dotto S. Avaliação clínica do localizador apical eletrônico Novapex em dentes anteriores. Rev Odonto Cienc. 2007;22:3-9
- 57- Renner D, Soares R, Gavini G, Barletta F. Influence of pulp condition on the accuracy of an electronic foramen locator in posterior teeth: an in vivo study. Braz Oral Res. 2012;26:106-111
- 58- Ricucci D. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 1. Literature review. Int Endod J. 1998;31:384-393

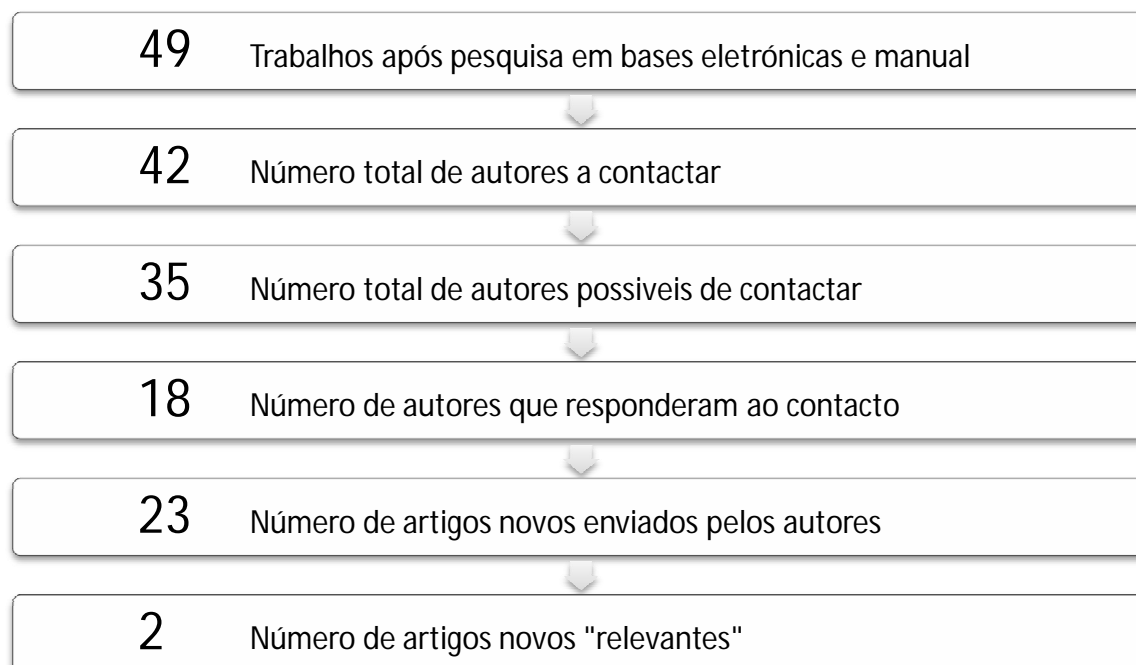
- 59- Ricucci D, Langeland K. Apical limit of root canal instrumentation and obturation, part 2. A histological study. *Int Endod J*. 1998;31:394-409.
- 60- Saad A, Al-Nazhan S. Radiation dose reduction during endodontic therapy: a new technique combining an apex locator (Root ZX) and Digital Imaging System (RadioVisioGraphy). *J Endod*. 2000;26:144-147
- 61- Schaeffer M, White R, Walton R. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *J Endod*. 2005;31:271-274
- 62- Shabahang S, Goon WW, Gluskin AH. An in vivo evaluation of Root ZX electronic apex locator. *J Endod*. 1996;22:616-618
- 63- Sharma M, Arora V. Determination of working length of root canal. *Medical Journal Armed Forces India*. 2010;66:231-234
- 64- Smadi L. Comparison between two methods of working length determination and its effects on radiographic extent of root canal filling: a clinical study. *BMC Oral health*. 2006 Feb 11;6:4
- 65- Silveira L, Petry F, Martos J, Neto J. In vivo comparison of the accuracy of two electronic apex locators. *Aust Endod J*. 2011;37:70-72
- 66- Siqueira JF, Jr. Aetiology of root canal treatment failure: why well-treated teeth can fail. *Int Endod J*. 2001;34:1-10
- 67- Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*. 1990;16:498-504
- 68- Sjögren U, Figdor D, Persson S, Sundqvist G. Influence of infection at the time of root filling on the outcome of endodontic treatment of teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 1997;30:297-306

- 69- Smith C, Setchell D, Harty F. Factors influencing the success of conventional root canal therapy – a five year retrospective study. *Int Endod J.* 1993;26:321-333
- 70- Spangberg L, Haapasalo M. Rationale and efficacy of root canal medicaments and root filling materials with emphasis on treatment outcome. *Endod Topics* 2002;2:35-58
- 71- Sunada I. New method for measuring the length of the root canal. *J Dent Res.* 1962;41:375–87
- 72- Suzuki K. Experimental study on iontophoresis. *J Jpn Stomatol* 1942;16:411-417
- 73- Tamse A, Kaffe I, Fishel D. Zygomatic arch interference with correct radiographic diagnosis in maxillary molar endodontics. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1980;50:563-566
- 74- Tidmarsh BG, Sherson W, Stalker NL. Establishing endodontic working length: a comparison of radiographic and electronic methods. *N Z Dent J.* 1985;81:93-96
- 75- Vieyra JP, Acosta J. Comparison of working length determination with radiographs and four electronic apex locators. *Int Endod J.* 2011;44:510-518
- 76- Vieyra JP, Acosta J, Mondaca JM. Comparison of working length determination with radiographs and two electronic apex locators. *Int Endod J.* 2010;43:16–20
- 77- Weiger R, El Ayouti A, Löst C. Efficiency of hand and rotary instruments in shaping oval root canals. *J Endod.* 2002;28:580-583
- 78- Welk AR, Baumgartner JC, Marshall JG. An in vivo comparison of two frequency-based electronic apex locators. *J Endod* 2003;29:497-500
- 79- Williams C. A comparison between in vivo radiographic working length determination and measurement after extraction. *J Endod.* 2006;32:624-627

80- Williams S. The paralleling technique for intra-oral radiographv. J Am Dent Assoc.
1951;43:419-434

Anexo I

Resultados dos contactos com autores de estudos prévios



Anexo II

Idioma e origens dos 21 trabalhos utilizados na revisão

Idioma	Número de trabalhos
Inglês	14
Português	4
Espanhol	3
Origem da Publicação	Número de trabalhos
Estados Unidos da América	9
Brasil	5
Inglaterra	4
Argentina	3
Origem da Investigação	Número de trabalhos
Brasil	6
Argentina	3
Alemanha	2
México	2
Estados Unidos da América	1
Egito	1
Itália	1
Irão	1
Jordânia	1
França	1
Coreia do Sul	1
Arábia Saudita	1

Anexo III

Resumo dos Randomized controled trials

Trabalho	Tipo de estudo & CASP	Objetivo	Amostra	LAE	Método	Resultados	Conclusões do autor
Fouad 2000	Tipo de estudo: Randomized controled trial CASP: 80% (8/10)	Avaliar: - Número de radiografias necessárias - Qualidade do comprimento final de obturação	36 dentes (58 canais) Incisivos, pré-molares e molares	Root ZX	Estimativa do CT calculado por rx pré-operatório vs CT calculado por LAE com confirmação final do CT por radiografia de CT e radiografia final de obturação.	Nº de radiografias: Incisivos/Pré-molares: 3,18 no grupo LAE e 3,91 no grupo RX, diferença significativa. Molares, sem diferença significativa CT da Obturação aceitável (0-2mm): LAE:93,3% \bar{x} =1,25mm , RX:75% \bar{x} =1,64mm, diferença significativa	“This study showed that using an electronic estimate before radiographic verification enhances length control throughout the treatment, improves the length of obturation from the apex, and reduces the number of radiographs in anterior or premolar teeth.”
Smadi 2006	Tipo de estudo: Randomized controled trial CASP: 80% (8/10)	Avaliar: - LAE vs LAE + RX na determinação do CT	66 dentes (151 canais) Pré-molares e molares	Tri-Auto ZX	Cálculo do CT por LAE vs cálculo do CT por LAE e confirmado por radiografia de CT. Confirmação final realizada por radiografia final de obturação.	Distância da obturação final para o ápex radiográfico: LAE: -0,5mm \pm 0,5 / LAE + RX: -0,4 \pm 0,5, não significativo Número de radiografias: LAE: 2 (inicial e final) LAE + RX: 3,2 Vital ou necrose: Sem diferença significativa Pré-molar ou molar: Sem diferença significativa	“Under the clinical conditions of this study, it is suggested that the correct use of an apex locator alone could prevent the need for further diagnostic radiographs for determination of working length.”
Hassanien 2008	Tipo de estudo: Randomized controled trial CASP: 60% (6/10)	Avaliar: - Distância para o foramen apical, união cimento-dentinária e constrição apical quando o CT é realizado por LAE ou por radiografia.	20 dentes (20 canais) Pré-molares mandibulares	Root ZX	Determinação do CT por LAE (marca de 0,5mm) vs determinação do CT por radiografia de CT (a - 0,5mm). Confirmação final realizada por estereoscopia após extracção.	Distância para o foramen apical: LAE: 0,21mm RX:0,56mm Diferença significativa Distância para a união cimento-dentinária: LAE:0,09mm RX:0,26mm Diferença significativa Distância para a constrição apical: LAE:0,99mm RX:0,64mm Diferença significativa	“There was a statistically significant difference between file-tip position from apical foramen in group I working length measured by Root ZX and group II working length measured radiographically. Also this significant difference was found between file-tip position in both groups and CDJ and apical constriction.”
Pascon 2009	Tipo de estudo: Randomized controled trial	Avaliar: - A eficácia de dois LAEs, com confirmação radiográfica na	491 dentes (831 canais) Incisivos, pré-molares e	DentaPort ZX & Raypex 5	Determinação do CT de modo a que o DentaPort ZX indicasse 1mm do apex e o Raypex 5 a linha	Distância média para o ápex radiográfico do total dos 2 grupos: -1,04mm, Min:-4,01mm Max:2,0mm Distâncias para o ápex	Não foram tiradas conclusões relativamente à comparação com as radiografias. “no statistically significant

	CASP: 80% (8/10)	determinação do CT	molares		verde. Confirmação final realizando uma radiografia de CT.	radiográfico: Longo:9 (1,08%); 0-2,0mm:763 (91,82%); >2,1mm:59 (7,10%)	difference was found when comparing clinical accuracy of the DentaPort ZX and Raypex 5”
Ravanshad 2010	Tipo de estudo: Randomized controled trial CASP: 100% (10/10)	Avaliar: - O efeito da determinação do CT por LAE ou radiografia no comprimento final de obturação	84 dentes (188 canais)	Raypex 5	Determinação do CT com radiografia vs LAE com confirmação por radiografia do cone principal e por radiografia final de obturação.	Adaptação do cone principal: LAE curto:8,7%; 0-2,0mm:90,4%, longo: 1%. RX curto:7,1%; 0-2,0mm:82,1%, longo: 10,7%. Diferença significativa nos CT longos. Adaptação da obturação final: LAE curto:1%; 0-2,0mm:90,4%, longo: 8,7%. RX curto:1,2%; 0-2,0mm:85,7%, longo: 13,1%. Não significativo Número de radiografias: LAE:3 RX:4,07, diferença significativa Vitalidade ou lesão apical: não influenciam os resultados	“The results of endodontic treatment using electronic apex locator are quite comparable if not superior to radiographic length measurement regarding the rates of acceptable and short cases. Furthermore, in addition to reducing radiographic exposure, EALs can reduce the rate of overestimation of root canal length.”

LAE= Localizador apical eletrônico / CT= Comprimento de trabalho

Resumo dos Testes de diagnóstico *in vivo*

Trabalho	Tipo de estudo & CASP	Objetivo	Amostra	LAE	Método	Resultados	Conclusões do autor
Goldberg 1995	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 67% (8/12)	Avaliar: - Comparar a precisão do LAE na determinação do CT e comparar com radiografia	60 canais Incisivos, caninos, pré- molares e molares	Root ZX	Realizou-se a determinação do CT por LAE e posterior confirmação com radiografia de CT.	Distância da lima ao ápex radiográfico: LAE: Aceitável (0,5-1,5mm):90% Deficiente 10% Vital ou necrosado: Não há diferença significativa	“Los resultados –un 90% de mediciones aceptables – muestran la utilidad del sistema fundamentalmente para aquellas situaciones en las que existan dificultades radiográficas para la localización apical.”
Saad 2000	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i>	Avaliar: - A possibilidade de realizar o tratamento endodôntico usando o	14 dentes Dentes anteriores, pré- molares e	Root ZX	Realizou-se o tratamento endodôntico realizando o CT por LAE e usando apenas a radiografia de	Comparação do CT por LAE com a conometria ou radiografia final: Os 14 casos apresentam comprimentos de CT comparáveis	“These results indicated that a successful obturation technique can be performed by a single radiation exposure, using the RVG unit for

	CASP: 67% (8/12)	LAE e apenas uma radiografia digital	molares		conometria e final para controle	tanto no LAE como nas radiografias (não definem aceitável).	master cone evaluation.”
Pommer 2002	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 58% (7/12)	Avaliar: - A influência da vitalidade da polpa e conteúdo de tratamento endodôntico prévio na determinação do CT por LAE.	107 dentes (171 canais) Incisivos, pré-molares e molares	AFA Apex Finder Model 7005	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 1mm) e posterior confirmação radiográfica.	Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: Longo: 1,16% (2), 0,5-1,5mm:86,5%(148) curto:12,2%(21) Vital ou Necrosado (0,5-1,5mm): Vital: 94%; Necrose: 77% significativo Retratamento (0,5-1,5mm): Retratamento: 68,4% Não tem número suficiente para análise Tipo de dente: Não há diferença significativa entre tipos de dentes Humidade presente no canal (info disponibilizada pelo LAE): Não há diferença significativa entre diferentes percentagens de humidade e a determinação de CT	“In conclusion, the AFA Apex Finder is a reliable tool for determining a root canal length in vital and necrotic teeth, with na accuracy of 86% within the _0.5-mm range of the radiographic apex.”
Beilke 2005	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 50% (6/12)	Avaliar: - A influência da vitalidade da polpa na determinação do CT por LAE.	56 dentes	Bingo 1020	Realizou-se a determinação do CT por LAE (sinal sonoro) e posterior confirmação radiográfica.	Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: Vital: longo: 0%; 0,5-1,5mm: 92%(23); curto: 8%(2) Necrose: longo: 3,2%(1); 0,5-1,5mm: 83,9%(26); curto: 12,9%(4) Total: longo:1,7 %(1); 0,5-1,5mm: 87,5%(49); curto: 10,7%(6) Não foi feita análise estatística	“o localizador eletrônico Bingo constitui-se em excelente recurso auxiliar na determinação do comprimento de trabalho no tratamento endodôntico, tanto em polpa viva, como em polpa mortificada”
Dotto 2005	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 58% (7/12)	Avaliar: - A influência da vitalidade da polpa na determinação do CT por LAE.	54 dentes Dentes anteriores	Novapex	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 1mm) e posterior confirmação radiográfica.	Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: Vital 0,5-2mm: 77,8%(21); Incorreto: 22,2%(6) Necrose 0,5-2mm: 85,2%(23); Incorreto: 14,8%(4) Totais 0,5-2mm:81,5%(44); Incorreto: 18,5%(10) Não foi feita análise estatística	“O localizador apical eletrônico NOVAPEX apresentou índices de confiabilidade de medidas compreendidas entre 0,5mm e 2mm da ponta do instrumento ao vértice apical radiográfico, de 77,8% em dentes portadores de polpa viva e 85,2% em necrose pulpar, constituindo-se em um excelente recurso auxiliar na determinação do comprimento de trabalho.”
Hilu 2006	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i>	Avaliar: - Comparar a precisão do LAE na determinação do CT e comparar com	88 canais	Root ZX	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 0,5mm) e posterior confirmação	Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: Vital: longo: 11%(4); 0,5-1,5mm: 83%(30); curto: 6%(2)	“De todos modos las mediciones electrónicas con buenas interpretaciones radiográficas permiten mejorar la precisión en la

	CASP: 75% (9/12)	radiografia			radiográfica.	Necrose: longo: 7%(2); 0,5-1,5mm: 93%(27); curto: 0%(0) Retratamento: longo: 17%(4); 0,5-1,5mm: 65%(15); curto: 17%(4) Totais: longo: 11%(10); 0,5-1,5mm: 82%(72); curto: 7%(6) Não houve diferença significativa	obtención de una longitud de trabajo adecuada.”
Renner 2007	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 75% (9/12)	Avaliar: - A influência da vitalidade da polpa na determinação do CT por LAE.	76 dentes (76 canais) Dentes anteriores (superiores e inferiores)	Novapex	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 1mm) e posterior confirmação radiográfica.	Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: Vital: curto: 4%(1); 0,5-1,5mm: 96%(25); longo: 0%(0) Necrose: curto: 6%(3); 0,5-1,5mm: 86%(43); longo: 8%(4) Totais: curto: 5%(4); 0,5-1,5mm: 90%(68); longo: 5%(4) Não há diferença estatística	“Os percentuais de confiabilidade de 96,2% para canais com polpa viva e 86% para canais com polpa mortificada não apresentaram diferença estatística (p = 0,174).”
Giusti 2007	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 58% (7/12)	Avaliar: - Comparar a precisão do LAE na determinação do CT e comparar com radiografia	30 dentes (30 canais) Dentes uniradiculares	Bingo 1020	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 1mm) e posterior confirmação radiográfica.	Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: Totais: curto: 7%(2); 0,5-1,5mm: 90%(27); longo: 3%(1) Vital ou necrose: Sem diferença significativa	“o localizador apical Bingo 1020 foi capaz de determinar com confiabilidade um limite apical aceitável do comprimento de trabalho.”
Akisue 2007	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 75% (9/12)	Avaliar: - A influência da vitalidade da polpa na concordância dos valores da determinação do CT por LAE vs radiografia.	143 dentes (294 canais)	Elements Diagnostic Unit	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca entre os 0,5 e 1mm) e posterior confirmação radiográfica. Mediu-se o comprimento da lima com CT por LAE e mediu-se o comprimento da lima com CT da radiografia e verificou-se a concordância dos dois valores.	Concordância dos valores dados pelo CT do LAE quando comparados com os valores da radiografia de CT: Vital: 0-0,5mm: 95% concordância Necrose: 0-0,5mm: 97% concordância Total: 0-0,5mm: 96,6% concordância Não existe diferença significativa	“it could be concluded that the Elements Diagnostic Unit and Apex Locator is accurate when used to determine working length in endodontic therapy in vital and necrotic teeth, without significant difference between these 2 conditions.”
Kim 2008	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 75% (9/12)	Avaliar: - Avaliar a precisão na determinação do CT usando apenas o LAE ou o LAE + radiografia	25 dentes (25 canais) Pré-molares	Root ZX	Determinação do CT por LAE (marca a 0,5mm) e posterior determinação do CT pelo mesmo valor de LAE mas com retificação por radiografia de CT. Dentes extraídos e analisados os reais CTs.	Distância para a constrição apical: LAE: 0mm(±0,5mm): 84% (21/25) LAE+RX: 0mm(±0,5mm): 96% (24/25) Não há diferença significativa Ajuste após análise radiográfica: Houve necessidade de ajustar 72% (18/25) após verificação radiográfica, 14 vezes subtraindo 0,5mm e 4 vezes aumentando 0,5mm ao CT do LAE.	“Using a Root ZX Electronic Apex Locator combined with radiographs is recommended for the determination of working length, although there was no statistical significance between those 2 groups in this study.”

Hilu 2008	<p>Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i></p> <p>CASP: 75% (9/12)</p>	<p>Avaliar: - Comparar a precisão do LAE na determinação do CT e comparar com radiografia</p>	147 dentes (174 canais)	Neosono Ultima EZ	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 0,0mm) e posterior confirmação radiográfica.	<p>Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: LAE curto: 1,7%(3); 0,5-1,5mm: 82,8%(144); longo:15,5%(27)</p> <p>Conteúdo canal: Polpa vital: 0,5-1,5mm: 86,4%(121/140) Necrose: 0,5-1,5mm: 62,5%(10/16) Retratamento: 0,5-1,5mm: 72,2%(13/18) Diferenças significativas</p>	“La incidencia de la patología del conducto en relación al desempeño del localizador apical difirió significativamente según el estado del conducto ($\chi^2_2=7,32$, $p=0,03$). El porcentaje de conductos con una longitud considerada aceptable fue del 82,8% en pulpas vitales, del 72,2% en tratamientos de fracasos anteriores y de sólo 62,5% en pulpas no vitales.”
Chevalier 2009	<p>Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i></p> <p>CASP: 83% (10/12)</p>	<p>Avaliar: - Comparar a precisão de 2 LAEs na determinação do CT e confirmar com radiografia avaliando a percentagem de leituras inconstantes ou não leituras.</p>	100 dentes (209 canais) Incisivos, caninos, pré-molares e molares	Apexpointer & Novapex	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 0,5mm) e posterior confirmação radiográfica.	<p>Percentagem de não leituras em que o CT teve que ser calculado apenas por radiografia: Apex Pointer: 86,6% Novapex: 82,8% Significativo para retratamentos</p> <p>Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: Apex Pointer curto:<1%; 0-2mm:93,9%; longo:5,5% Novapex curto:<1%; 0-2mm:91,3%; longo 8,1% Não significativo</p>	<p>“Under the conditions of this assessment <i>in vivo</i>, the 2 apex locators proved to give no value in about 15% of the cases.”</p> <p>“The rates of acceptable measurements by the 2 electronic devices showed that both can be safely used in clinical practice.”</p>
El Ayouti 2009	<p>Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i></p> <p>CASP: 75% (9/12)</p>	<p>Avaliar: - Comparar a precisão de 2 LAEs na determinação do CT e confirmar com radiografia avaliando a percentagem de leituras inconstantes ou não leituras.</p>	507 dentes (1001 canais) Dentes anteriores, pré-molares e molares	Root ZX & Raypex 5	Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 0,5mm) e posterior confirmação radiográfica.	<p>Percentagem de não leituras em que o CT teve que ser calculado apenas por radiografia: Não leitura: 15% Associado principalmente a canais parcial ou totalmente obliterados</p> <p>Distância da ponta da lima ao ápex radiográfico: LAEs curto:2,7%(15/861) 0-2mm: 97%(840/861) longo:0,3%(6/861)</p> <p>Outros factores avaliados: Tipo de localizador, tipo de dente, diagnóstico pulpar, tipo de tratamento (inicial ou retratamento), género ou idade do paciente não tiveram influência no resultado da determinação do CT por LAE e confirmação radiográfico.</p>	<p>“The function of apex locators was consistent in 85% of the patients; consequently, in every sixth patient, only the radiographic working length could be determined.”</p> <p>“The consistent measurements were radiographically “acceptable” in 97% of the root canals (840/861 [99% CI, 96-99]). None of the recorded parameters including the type of apex locator had an effect on the radiographic position of the determined EWL.”</p>
Vieyra 2010	<p>Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i></p>	<p>Avaliar: - Comparar a precisão de 2 LAEs na determinação</p>	160 dentes (482 canais) Incisivos,	Root ZX & Elements Diagnostic	Realizou-se a determinação do CT por cada um dos LAE (marca	<p>Localização da constrição apical: Dentes anteriores Root ZX: 74%; Elements: 65%;</p>	“Under clinical conditions, the EALs identified the minor foramen with high degree of accuracy. EALs

	CASP: 67% (8/12)	do CT e comparar com radiografia de CT.	caninos, pré-molares e molares	Unit	de constrição apical) e uma determinação de CT por radiografia (1 mm curto do ápex radiográfico) independente dos valores dos LAE. Dentes foram extraídos e observada a zona apical.	RX:22% Pré-molares Root ZX: 53%; Elements: 41%; RX:35% Molares Root ZX: 58%; Elements: 49%; RX:11% Diferença significativa entre LAEs e RX, mas sem diferença entre LAEs. Medições curtas: 1mm curto nos 3 tipos de dente: Root ZX: 0%; Elements: 0%; RX:0% 0,5mm curto no Anterior e Pré-molar: Root ZX: 0%; Elements: 0%; RX:0% 0,5 mm curto no Molar: Root ZX: 1%; Elements: 8%; RX:1% Medições longas: 0,5 mm longo no Anterior: Root ZX: 26%; Elements: 35%; RX:39% 0,5 mm longo no Pré-molar: Root ZX: 47%; Elements: 59%; RX:29% 0,5 mm longo no Molar: Root ZX: 41%; Elements: 42%; RX:48% Nenhuma medição longa a 1mm com LAE, mas sim com RX: Anterior:35%; Pré-molar:35%; Molar:37% Diferença significativa entre LAEs e RX, mas sem diferença entre LAEs.	were more accurate compared with radiographs with the potential to greatly reduce the risk of instrumenting and filling beyond the apical foramen.”
Vieyra 2011	Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i> CASP: 75% (9/12)	Avaliar: - Comparar a precisão de 4 LAEs na determinação do CT e comparar com radiografia de CT.	245 dentes (693 canais) Incisivos, caninos, pré-molares e molares	Root ZX, Elements Diagnostic Unit, Precision AL, Raypex 5	Realizou-se a determinação do CT por cada um dos LAE (marca de 0,5mm) e uma determinação de CT por radiografia (1 mm curto do ápex radiográfico) independente dos valores dos LAE. Dentes foram extraídos e observada a zona apical.	Localização da constrição apical: Dentes anteriores Root ZX: 89,1%; Elements: 83,6%; Precision: 85,4%; Raypex: 81,8%; RX:32,72% Pré-molares Root ZX: 75%; Elements: 61,6%; Precision: 64,3%; Raypex: 61,6%; RX:32,1% Molares Root ZX: 69%; Elements: 50,5%; Precision: 65,4%; Raypex: 43,9%; RX:14,6%	“No significant difference was apparent comparing the accuracy of the four EALS. All achieved a clinically acceptable determination of WL and were significantly more accurate than radiographs.”

					<p>Diferença significativa entre LAEs e RX, mas sem diferença entre LAEs.</p> <p>Medições curtas:</p> <p>1mm curto nos 3 tipos de dente: Root ZX: 0%; Elements: 0%; Precision: 0%; Raypex: 0%; RX:0% 0,5mm curto no Anterior e Pré-molar: Root ZX: 0%; Elements: 0%; Precision: 0%; Raypex: 0%; RX:0% 0,5 mm curto no Molar: Root ZX: 1,3%; Elements: 11,1%; Precision: 1,8%; Raypex: 20,3%; RX:18,5%</p> <p>Medições longas:</p> <p>0,5mm longo no Anterior: Root ZX: 10,9%; Elements: 16,4%; Precision: 14,5%; Raypex: 18,2%; RX:47,3%</p> <p>0,5mm longo no Pré-molar: Root ZX: 25%; Elements: 39,3%; Precision: 34,7%; Raypex: 39,3%; RX:32,1%</p> <p>0,5mm longo no Molar: Root ZX: 29,7%; Elements: 35,6%; Precision: 33,4%; Raypex: 37%; RX:42%</p> <p>1mm longo no Anterior: Root ZX: 0%; Elements: 0%; Precision: 0%; Raypex: 0%; RX:20%</p> <p>1mm longo no Pré-molar: Root ZX: 0%; Elements: 0%; Precision: 0%; Raypex: 0%; RX:35,7%</p> <p>1mm longo no Molar: Root ZX: 0%; Elements: 0,98%; Precision: 0%; Raypex: 0,32%; RX:38,5%</p> <p>Diferença significativa entre LAEs e RX, mas sem diferença entre LAEs.</p>		
<p>Renner 2012</p>	<p>Tipo de estudo: Teste de diagnóstico <i>in vivo</i></p> <p>CASP: 58% (7/12)</p>	<p>Avaliar: - A influência da vitalidade da polpa na determinação do CT por LAE.</p>	<p>77 dentes (144 canais)</p>	<p>Novapex</p>	<p>Realizou-se a determinação do CT por LAE (marca de 1mm) e posterior radiografia de CT a 1mm.</p>	<p>CT do LAE quando comparados com os valores da radiografia de CT:</p> <p>Vital: 0-0,5mm: 73,5% concordância Necrose: 0-0,5mm: 73,6% concordância</p>	<p>“Under clinical conditions, the WL values obtained in our study with the NovApex□ EFL showed a 73.61% agreement rate with those determined radiographically. Pulp condition had no significant effect</p>

						Total: 0-0,5mm: 73,6% concordância Não existe diferença significativa entre diferentes estados de diagnóstico pulpar.	on the accuracy of the NovApex."
--	--	--	--	--	--	--	----------------------------------

LAE= Localizador apical eletrônico / CT= Comprimento de trabalho

